ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA EKOLOGIE

Ichtyocenózy vybraných toků s rakem kamenáčem: ryby jako kompetitor a predátor

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Diplomant: Bc. Monika Prchalová

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Monika Prchalová

Ochrana přírody

Název práce

Ichtyocenózy vybraných toků s rakem kamenáčem: ryby jako kompetitor a predátor

Název anglicky

Fish communities in streams inhabited by the stone crayfish: fish as competitors and predators

---

Cíle práce

- Popis ichtyocenóz na vybraných lokalitách obývaných rakem kamenáčem
- Najít vztah mezi základními charakteristikami populací raka kamenáče a ichtyocenóz
- Na reprezentativním vzorku ryb provést analýzu potravy
- Vyhodnotit míru predace ryb na adultech a juvenilech raka kamenáče

Metodika

Práce bude zaměřena na lokality v CHKO Brdy a Plzeňském kraji, především stávající EVL s rakem kamenáčem (minimálně 6 toků, předpoklad 10 toků).

V práci bude využito následujících metod:

- Ruční odchyt raka kamenáče, zjištění populačních charakteristik
- Lov ryb elektrickým agregátem
- Odběr vzoků ryb na potravní analýzu (usmrcení, pitva, fixace zažívacích traktů)
- Analýza zažívadel (určování potravy částic v zažívadlech)
- Statistické analýzy dat
- Příprava publikace

Doporučený rozsah práce

50 stran

Klíčová slova

rak kamenáč, predace, CHKO Brdy

Doporučené zdroje informací

Baruš V., Oliva O. et al., 1995. Mihulovci (Petromyzontes) a ryby (Osteichthyes), 1. díl, Academia, Praha, 623 s.

Baruš V., Oliva O. et al., 1995. Mihulovci (Petromyzontes) a ryby (Osteichthyes), 2. díl, Academia, Praha, 698 s.

Kozák P., Ďuriš Z., Petrusek A., Buřič M., Horká I., Kouba A., Kozubíková E., Policar T., 2014: Biologie a chov raků. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod 2014, 2. vydání, 418 s

Pivnička, K., 1981. Ekologie ryb: Odhady základních parametrů charakterizujících rybí populace. SPN, Praha, 251 s.

Štambergová M., Svobodová J. et Kozubíková E. (2009): Raci v České republice (Crayfish in the Czech Republic). – AOPK ČR, Praha, 255 pp.

Vlach P., Hulec L. et Fischer D., 2009: Recent distribution, population densities and ecological requirements of the stone crayfish (Austropotamobius torrentium) in the Czech Republic. – Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst. 384-395: 13.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

RNDr. Pavel Vlach, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 06. 12. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Michala Bílého, Ph.D. a za pomoci konzultací s RNDr. Pavlem Vlachem, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala a že se tištěná verze shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze 10. 12. 2018

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Mgr. Michalu Bílému, Ph.D. za vedení této práce, cenné rady a shovívavost při korekturách finální podoby diplomové práce. Můj dík patří RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D. za metodické vedení, možnost účastnit se ichtyologického průzkumu, četné konzultace a poskytnutí dat z monitoringu raka kamenáče za rok 2016. Dále děkuji Gymnáziu Blovice za poskytnutí prostor laboratoře. Děkuji své rodině a přátelům za podporu a pomoc při vzniku mé diplomové práce.

V Praze 10. 12. 2018

Abstrakt

Rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* patří k nejohroženějším živočišným druhům v České republice. Tento druh je ohrožován račím morem, predací ze strany nepůvodních druhů raků nebo ztrátou vhodných habitatů. Existují také důkazy, že rak kamenáč může tvořit významnou složku potravy některých druhů ryb. Cílem této práce bylo zjistit druhové složení ichtyocenóz toků obývaných rakem kamenáčem, provést analýzu potravy vybraných druhů ryb se zaměřením na přítomnost raka kamenáče jako potravní složky a vyhodnotit vliv složení rybích společenstev na populace raka kamenáče. K tomuto účelu bylo vybráno 14 toků s dlouhodobým výskytem a vysokou abundancí raka kamenáče.

Druhové složení rybích společenstev bylo zjištěno pomocí elektrolovu. V rámci ichtyologického průzkumu bylo determinováno 16 druhů ryb: úhoř říční (*Anguilla anguilla*), pstruh obecný (*Salmo trutta*), štika obecná (*Esox lucius*), jelec tloušť (*Squalius cephalus*), jelec proudník (*Leuciscus leuciscus*), plotice obecná (*Rutilus rutilus*), perlín ostrobřichý (*Scardinius erythrophthalmus*), kapr obecný (*Cyprinus carpio*), hrouzek obecný (*Gobio gobio*), střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*), střevlička východní (*Pseudorasbora parva*), parma obecná (*Barbus barbus*), mřenka mramorovaná (*Barbatula barbatula*), mník jednovousý (*Lota lota*), okoun říční (*Perca fluviatilis*) a vranka obecná (*Cottus gobio*). Druhově nejbohatší společenstvo s 12 druhy ryb bylo zaznamenáno na Bradavě, pouze jeden druh ryby byl determinován na Lučním potoce. Nejpočetnějším zaznamenaným druhem byla vranka, s vysokou početností byl dále zaznamenán pstruh, perlín a střevle.

K analýze potravy byly vybrány následující druhy ryb: okoun, mník, pstruh, jelec tloušť, kapr, mřenka, vranka, hrouzek, plotice. Přítomnost raka kamenáče byla zaznamenána v zažívadlech tří druhů ryb, a to: mníka, jelce tlouště a pstruha. Nejvýznamněji se rak kamenáč podílel na složení potravy mníka, u všech druhů však tvořil pouze příležitostnou složku potravy. Mezi abundancí nebo průměrnou délkou raka kamenáče a vybranými parametry ichtyocenóz nebyl navzdory očekávání nalezen žádný vztah.

Klíčová slova: rak kamenáč, predace, vodní tok

Abstrakt

The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* is one of the most endangered animal species in the Czech Republic. This species is directly affected by the crayfish plague, predation from non-indigenous crayfish species or by habitat loss. There also exists an evidence that the stone crayfish makes a significant component in the diet of several fish species. The aim of this work was to examine fish species composition in streams inhabited by the stone crayfish, to analyze the diet of chosen fish species with focus on the stone crayfish particles in their stomach and to assess the influence of fish assemblages on the stone crayfish populations. Fourteen streams with long-term occurrence and high abundance of the stone crayfish populations have been chosen for this purpose.

Fish species composition has been determined by electrofishing. Sixteen fish species have been recorded during a field research: eel (*Anguilla anguilla*), brown trout (*Salmo trutta*), pike (*Esox lucius*), chub (*Squalius cephalus*), dace (*Leuciscus leuciscus*), roach (*Rutilus rutilus*), rudd (*Scardinius erythrophthalmus*), carp (*Cyprinus carpio*), gudgeon (*Gobio gobio*), minnow (*Phoxinus phoxinus*), stone moroko (Pseudorasbora parva), barbel (Barbus barbus), stone loach (*Barbatula barbatula*), burbot (*Lota lota*), perch (*Perca fluviatilis*) and sculpin (*Cottus gobio*). The highest species richness was noticed on Bradava stream (12 fish species), only one species was noticed on Luční stream. Sculpin was the most abundant species; brown trout, rudd and minnow were also large in number.

The following fish species have been chosen for a diet examination: perch, burbot, brown trout, chub, carp, stone loach, sculpin, gudgeon and roach. The stone crayfish has been present in digestive organs of three species; these were burbot, chub and brown trout. The stone crayfish was proved to only be an occasional element in the diet of the species stated above, being the most significant in the diet of burbot. Contrary to the expectation, no relationship between the abundance or average length of the stone crayfish and chosen parameters of fish populations has been found.

Key words: stone crayfish, predation, stream

Obsah

1 Úvod 11
2 Cíle práce 13
3 Literární přehled 14
3.1 Role raka ve vodním ekosystému 14
3.2 Raci v kontextu České republiky 15
3.2.1 Rak kamenáč 16
3.2.2 Příčiny ohrožení a legislativní ochrana raka kamenáče 16
3.3 Interakce ryba-rak 18
3.3.1 Ryby jako predátoři raků 18
3.3.2 Kompetice o potravu a úkrytová místa 19
3.4 Rybí společenstva v kontextu ČR 20
3.4.1 Pstruh obecný 22
3.4.2 Jelec tloušť 22
3.4.3 Plotice obecná 23
3.4.4 Kapr obecný 23
3.4.5 Hrouzek obecný 24
3.4.6 Mřenka mramorovaná 24
3.4.7 Mník jednovousý 25
3.4.8 Okoun říční 25
3.4.9 Vranka obecná 26
4 Metodika 27
4.1 Charakteristika lokalit 27
4.1.1 Bojovka 28
4.1.2 Bradava 28
4.1.3 Huníkovský potok 29
4.1.4 Luční potok 29

4.1.5 Mešenský potok 30
4.1.6 Mítovský potok 30
4.1.7 Padrťský potok 31
4.1.8 Přešínský potok 31
4.1.9 Radbuza 31
4.1.10 Stroupínský potok 32
4.1.11 Trojhorský potok 32
4.1.12 Úpoř 32
4.1.13 Zákolanský potok 33
4.1.14 Zlatý potok (Příchovický) 33
4.2 Metody sběru dat 34
4.2.1 Lov ryb elektrickým agregátem 34
4.2.2 Odběr vzorků na potravní analýzu 34
4.2.3 Odchyt raka kamenáče, zjištění populačních charakteristik 36
4.3 Metody vyhodnocení dat 37
5 Výsledky 39
5.1 Výsledky ichtyologického průzkumu 39
5.1.1 Bojovka 42
5.1.2 Bradava 42
5.1.3 Huníkovský potok 43
5.1.4 Luční potok 44
5.1.5 Mešenský potok 44
5.1.6 Mítovský potok 45
5.1.7 Padrťský potok 45
5.1.8 Přešínský potok 46
5.1.9 Radbuza 47
5.1.10 Stroupínský potok 47

5.1.11 Trojhorský potok 48
5.1.12 Úpoř 48
5.1.13 Zákolanský potok 49
5.1.14 Zlatý potok 50
5.2 Vztah mezi vybranými charakteristikami ichtyocenóz, početností populací raka kamenáče a průměrnou délkou raka na lokalitě 50
5.2.1 Počet druhů v ichtyocenóze 50
5.2.2 Celková abundance ichtyocenózy 51
5.2.3 Početnost pstruha 53
5.2.4 Podíl pstruha na celkové početnosti ichtyocenózy 54
5.3 Analýza potravy 55
5.3.1 Mřenka mramorovaná 57
5.3.2 Kapr obecný 58
5.3.3 Vranka obecná 58
5.3.4 Hrouzek obecný 59
5.3.5 Mník jednovousý 59
5.3.6 Okoun říční 60
5.3.7 Plotice obecná 61
5.3.8 Jelec tloušť 62
5.3.9 Pstruh obecný 63
6 Diskuze 65
6.1 Druhové složení ichtyocenóz 65
6.2 Vyhodnocení míry predace 66
7 Závěr 70
8 Seznam literatury 71
9 Přílohy 78

1 Úvod

Ryby a raci jsou důležitou součástí sladkovodních ekosystémů. Vzhledem ke své tělesné velikosti, délce života a trofickým nárokům se významně podílí na utváření jejich struktury (Reynolds a kol., 2013). Obě skupiny mají potenciál v rámci ekosystému fungovat jako klíčové druhy (Momot, 1995). O vzájemném vztahu různých druhů ryb a raků byla napsána řada publikací. Možným scénářem je konkurence o potravní zdroje a úkrytová místa, i predace. Náchylnost k predaci i schopnost vyvinout predační tlak se u obou skupin mění v závislosti na fázi ontogenetického vývoje (Reynolds, 2011). V ekosystému může rak vystupovat jako predátor i jako kořist (Degerman a kol., 2007).

Predátoři raků se vyskytují mezi suchozemskými i vodními živočichy (Kozák, 2013; Štambergová, 2009). Mnoha literárními zdroji je v rámci vodního prostředí podložená predace ze strany některých druhů ryb. O postavení pstruhů, okounů, mníků nebo úhořů, jako významných predátorů raků, zmiňuje mnoho autorů (např. Klobucar a kol., 2016; Michel a Oberdorff, 1995; Olsson, 2005; Reynolds, 2011). Poměrně jasně je predace zdokumentována i u kapra a jelce tlouště (Michel a Oberdorff, 1995; Štambergová a kol., 2009). Na možnou predaci ze strany mřenky, vranky a jiných malých bentických druhů ryb nepanuje jednotný názor. Někteří autoři uvádí i tyto druhy jako schopné predátory raků (Kozák a kol., 2013; Štambergová a kol., 2009), jiní naopak tuto možnost z důvodu malé tělesné velikosti a biologie těchto druhů zavrhují a přiklánějí se spíše k variantě vzájemné kompetice mezi těmito druhy ryb a raky (Bubb a kol., 2009; Guan a Wiles, 1997; Miller a kol., 1992).

Rak kamenáč patří k původním druhům naší astakofauny (Kozák a kol., 2013). Tento druh je pod vlivem řady negativních faktorů; podléhá nákaze způsobené račím morem (Kozubíková a kol., 2006; Kozubíková a kol., 2009), je ohrožen znečištěním vod (Svobodová a kol., 2012, Vlach a kol., 2013), citlivě reaguje na kanalizaci toků a degradaci biotopů (Štambergová a kol., 2009), je predován vydrami nebo norkem americkým (Fischer a kol., 2009) a podléhá silné konkurenci ze strany nepůvodních druhů raků. Je tedy druhem nejohroženějším (Fischer a kol., 2004, Vlach a kol., 2009b).

Přestože je tento druh v současné době pod drobnohledem výzkumu v celé Evropě, stále existuje nedostatek údajů o jeho biologii nebo jeho roli ve vodních ekosystémech. Tato práce si klade za cíl zjistit vazbu raka kamenáče na další složky vodních ekosystémů, konkrétně ryby, a zjistit míru predace, kterou je kamenáč na lokalitách ohrožen. Výsledky této práce budou sloužit jako podklad pro tvorbu záchranného programu raka kamenáče, který je aktuálně vytvářen.

2 Cíle práce

Tato práce si klade za cíl přispět k rozšíření poznatků o raku kamenáči, a to především ve vztahu k ichtyocenózám toků, které obývá, a se zaměřením na predaci ze strany ryb. K tomuto účelu byly stanoveny následující dílčí cíle:

- Zjistit druhové složení a základní populační charakteristiky ichtyocenóz vybraných lokalit obývaných rakem kamenáčem.
- Vyhodnotit vztah mezi základními populačními charakteristikami zjištěných ichtyocenóz a populací raka kamenáče. Jako faktory, které mají potenciál ovlivnit populace raka kamenáče, byly za účelem vyhodnocení vybrány: počet druhů ryb na lokalitě, celková početnost ichtyocenózy, abundance pstruha a podíl pstruha na celkové početnosti ichtyocenózy. Hodnocen byl vztah těchto faktorů k abundanci raka kamenáče a jeho průměrné délce těla na lokalitě.
- Na reprezentativním vzorku ryb provést analýzu potravy, se zvláštním zaměřením na přítomnost raka kamenáče jako potravní složky. Na základě rozboru potravy vyhodnotit míru predace na adultních a juvenilních jedincích raka kamenáče.

S ohledem na cíle práce je literární přehled zaměřen především na biologii a ekologii raka kamenáče a dále ekologii ryb, zjištěných v rámci ichtyologických průzkumů na lokalitách obývaných rakem kamenáčem, se zvláštním zaměřením na druhy vybrané k analýze zažívadel. Zmíněna je také role raků a ryb, jako dominantních složek zoocenóz vodních ekosystémů a jejich interakce.

3 Literární přehled

3.1 Role raka ve vodním ekosystému

Raci jsou potravní generalisté využívající širokou škálu potravy (Kozák a kol., 2013). Součástí jejich jídelníčku je rostlinná i živočišná složka, fungovat mohou jako herbivoři, detritovoři i predátoři. Preference při výběru potravy se mění v závislosti na ontogenetickém stadiu vývoje, ročním období a fyziologickém stavu jedince. Díky proměnlivému složení potravy a nespecializovaným potravním nárokům vytváří raci komplexní interakce uvnitř potravní sítě (Momot, 1995).

D´Abramo a Robinson (1989) uvádějí jako nejvýznamnější potravní složku raků detrit, jako druhou nejobjemnější složkou pak rostlinné zbytky. Nejmenší část objemu jejich potravy zastává dle autorů živočišná složka. Spotřeba živočišných proteinů je vyšší u juvenilních jedinců. Momot (1995) toto vysvětluje potřebou urychlení růstu vzniklou v důsledku přírodního výběru. Raci jsou predováni velkým množstvím obratlovců, a proto musí pro udržení populace rychle dosáhnout dospělosti a úspěšně se rozmnožit. Z teplokrevných živočichů lze jmenovat např. vydru říční, norka amerického či ondatru pižmovou. Příležitostně se raci stávají také potravou lišek, kachen, hus nebo volavek (Fischer a kol., 2009; Kozák a kol., 2013).

V potravě dospělců jsou patrné významné sezónní změny. Toto lze demonstrovat na výzkumu potravy raka kamenáče: Renz a Breithaupt (2000) v rámci pokusu vystavili raky teplotám 7°C (jarní období) a 14°C (letní období) s cílem odhalit potravní preference v závislosti na ročním období. Dle výsledků raci v jarním období přijímají větší procento rostlinné potravy, což autoři přičítají potřebě vyrovnání deficitu minerálů po zimě. V létě raci zkonzumují větší objem potravy. V tomto období je poměr rostlinné a živočišné složky vyvážený. Tyto sezónní rozdíly ve složení potravy potvrzují ve své studii i Gherardi a kol. (2004). Studie dále uvádí vyšší příjem detritu v podzimním a zimním období. Složení a objem potravy také odpovídá rozložení aktivity během roku. Největší objem potravy je konzumován v létě, naopak v zimním období při snížené aktivitě je patrný příjem menšího objemu potravy s nižší energetickou hodnotou (Gherardi a kol., 2004; Renz a Breithaupt, 2000)

Jako součást potravní sítě hraje rak ve vodním ekosystému několik rolí. Může vystupovat jako detritovor, herbivor či sekundární konzument. Zároveň také funguje jako zdroj potravy pro ostatní živočichy. Vzhledem k tomu, že raci mohou z hlediska biomasy dosáhnout dominantního postavení, představují pro ryby významného kompetitora o potravní zdroje (Momot, 1995).

3.2 Raci v kontextu České republiky

Raci patří k největším sladkovodním bezobratlým živočichům. Systematicky náleží do řádu Decapoda, který můžeme dále taxonomicky rozdělit do tří čeledí: Astacidae, Cambaridae a Parastacidae (Grandall a De Grave, 2017). Longshaw a Stebbing (2016) uvádějí 653 žijících druhů raků, toto číslo však vzhledem k počtu nově objevených druhů v uplynulé dekádě nemusí být konečné. V rámci rozšíření těchto skupin jsou patrná dvě centra diverzity: jihovýchod USA, který lze považovat za těžiště výskytu druhů čeledi Cambaridae a jihovýchod Austrálie, kde převažuje zastoupení druhů čeledi Parastacidae. Čeleď Astacidae je rozšířena v Evropě, Kanadě a na severozápadě USA (Longshaw a Stebbing, 2016 Štambergová a kol., 2009).

V České republice je z volné přírody známo 6 druhů raků (Vlach, 2017). K původním druhům patří rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium* Schrank, 1803) a rak říční (*Astacus astacus* Linnaeus, 1758). Zdomácnělým druhem je zde původem východoevropský rak bahenní (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823), kterým byli v minulém století nahrazováni mizející raci říční (Štambergová a kol., 2009). Obdobným způsobem se na naše území v 80. letech minulého století dostaly i původem severoamerické druhy rak signální (*Pacifastacus leniusculus* Dana, 1852) a rak pruhovaný (*Faxonius limosus* Rafinesque, 1817 - nová klasifikace dle Grandall a De Grave, 2017). Poslední dva jmenované druhy patří mezi invazní druhy, které jsou v našich končinách dlouho etablované (Vlach, 2017).

Nově objeveným druhem s velkým potenciálem k invazím je rak mramorovaný (*Procambarus virginalis* Lyko, 2017), který se do volné přírody dostal z akvaristických chovů. Názory na původ tohoto druhu nejsou jednotné, podle Patoky a kol. (2016) se jedná o partenogenetickou formu druhu *P. fallax*, i když nevylučují ani možnost, že jde o výsledek hybridizace mezi *P. fallax* a jiným druhem rodu *Procarambus*.

3.2.1 **Rak kamenáč**

Rak kamenáč patří k nejohroženějším živočichům naší fauny (Fischer a kol., 2004; Kozák a kol., 2002). Výskyt raka kamenáče je znám ze střední a jihovýchodní Evropy, Česká republika leží na severní hranici jeho rozšíření (Kozák a kol., 2013). Poznatky o rozšíření raka kamenáče v rámci České republiky prošly značným vývojem a mapování jeho výskytu stále pokračuje. Vlach a kol. (2009b) uvádí jeho přítomnost na 46 lokalitách s centrem výskytu v povodí řeky Úslavy, Úhlavy, Radbuzy, Střely, Klabavy, Berounky a Zubřiny. V porovnání s naším druhým původním druhem raka, rakem říčním, je rak kamenáč méně rozšířený s nerovnoměrnou distribucí výskytu (Kozák a kol., 2013).

Nejčastěji rak kamenáč obývá horské a podhorské toky (Kozák a kol., 2013), jeho výskyt je však zdokumentován i na níže položených lokalitách s nadmořskou výškou kolem 240 m (Vlach a kol., 2009b). Rak kamenáč je znám jako druh, jehož přítomnost je silně závislá na struktuře dna. Kozák a kol. (2002) uvádí jeho výskyt zejména v lesních tocích s kamenitým substrátem. Preferenci substrátu větší zrnitostní frakce potvrzuje i Vlach a kol. (2009a), udává však také, že rak kamenáč je schopen osídlit všechny typy substrátu včetně písčitého a bahnitého.

Rak kamenáč je tradičně považován za významný bioindikátor čistých vod, jeho nároky na kvalitu vody jsou vyšší než u nepůvodních druhů raků (Svobodová a kol., 2012). I přesto je v tomto směru u raka kamenáče patrná značná plasticita, která mu dovoluje obývat i středně znečištěné vody bez většího dopadu na početnost populací (Vlach a kol., 2012), což potvrzují i nejnovější poznatky o jeho rozšíření a typech biotopu (Fischer a kol., 2015).

3.2.2 **Příčiny ohrožení a legislativní ochrana raka kamenáče**

Raci, stejně jako další organismy, jsou v člověkem pozměněné krajině negativně ovlivněni mnoha faktory. Z faktorů, které mají vliv na vodní organismy, lze jmenovat nešetrné zásahy do vodního prostředí a s nimi spojenou ztrátu vhodných biotopů, změny morfologie vodních toků a v neposlední řadě také znečištění.

Kromě nástrah antropogenní krajiny jsou naši raci velmi vážně ohroženi račím morem. Výskyt tohoto onemocnění je v Evropě znám již přes 100 let, případy masivního úhynu v ČR byly doloženy na konci let devadesátých. Původce onemocnění *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1903) je vysoce efektivní a v krátkém

čase dokáže vyhubit celé populace. Pro evropské druhy raků je tato nákaza smrtelná, severoamerické druhy jsou vůči tomuto onemocnění rezistentnější. *A. astaci* není schopen dlouhodobě přežít bez svého hostitele, a tak infikovaní jedinci nepůvodních druhů raků slouží často jako rezervoár infekce. Ačkoli račí mor není jedinou nemocí, která způsobuje úmrtí raků, jedná se pravděpodobně o tu nejzávažnější (Kozubíková a kol., 2006; Kozubíková a kol., 2009).

Nepůvodní druhy raků neohrožují raka kamenáče pouze přenosem račího moru. Rak kamenáč je naším nejmenším rakem, v porovnání s ostatními druhy klade také nejmenší počet vajíček (Kozák a kol., 2013). Menší konkurenceschopnost a nižší plodnost raka kamenáče (Vlach a kol., 2017) spolu s větší odolností introdukovaných druhů vůči znečištění, narušení biotopu (Svobodová a kol., 2012) a račímu moru (Kozubíková a kol., 2006; Kozubíková a kol., 2009) vede k vytlačování populací tohoto druhu z jeho původních stanovišť.

Na raka kamenáče se vztahuje ochrana podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. V seznamu zvláště chráněných druhů vyhlášky 395/1992 Sb., je uveden jako **kriticky ohrožený druh**.

Vzhledem k interakcím nepůvodních druhů raků s rakem kamenáčem a šíření račího moru se jako zásadní pro jeho ochranu jeví omezení dalšího šíření již introdukovaných druhů raků a zamezení zavlečení dalších nepůvodních druhů do volné přírody.

Záměrné šíření geograficky nepůvodních druhů zakazuje zákon č. 114/1992 Sb. a zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. I přesto jsou však známy případy vypouštění nepůvodních druhů raků a jejich rozšiřování na nové lokality. Problematická je v tomto směru také definice nepůvodního vodního organismu podle zákona č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské stráži, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, kde je nepůvodní vodní organismus definován jako geograficky nepůvodní nebo geneticky nevhodný anebo neprověřený druh či populace, která se vyskytuje na území jednotlivého rybářského revíru méně než tři po sobě následující generační populace (Svobodová a kol., 2010).

3.3 Interakce ryba-rak

V rámci vzájemného působení ryb a raků jsou stěžejními ekologickými interakcemi predace a kompetice (Degerman a kol., 2007; Dorn a Mittelbach, 1999; Reynolds, 2011). Oba typy vztahů mají dopad nejen na úrovni jedinců a populací, významný vliv mají také na formování struktury společenstva (Sih a kol., 1985).

3.3.1 Ryby jako predátoři raků

Při utváření struktury společenstva hraje velkou roli potravní selektivita ryb (Garvey a kol., 1994). Mnohé ryby při vyhledávání potravy preferují větší kořist, následkem čehož může mít predace vliv na velikostní strukturu bentických bezobratlých (Mittelbach, 1988). Raci jako velcí bentičtí bezobratlí živočichové jsou důležitou součástí struktury ekosystému tekoucích vod, avšak vzhledem k velikosti a odolnosti stavby těla nejsou snadnou kořistí. Většina ryb je limitována ontogenetickou fází vývoje raka, nejnáchylnější k predaci jsou juvenilní stadia a raci v období po svlékání krunýře (Dorn a Mittelbach, 1999). Díky větší velikosti těla může velikostně selektivní predace zvýhodňovat některé nepůvodní druhy raků (Garvey a kol., 1994).

Zranitelnost různých velikostních kategorií raků může ovlivnit také charakter substrátu dna. Podle Steina (1977) představuje jemnozrnný substrát největší riziko pozření pro jedince o velikosti do 10 mm. Větší kameny, které dokáží poskytnout malým rakům úkryt, činí vzhledem k nedostupnosti potravy z řad raků této velikostní kategorie zranitelnější raky střední velikosti (20 mm). U velkých raků není náchylnost k predaci na substrátu dna závislá.

Přítomnost rybích predátorů má na račí populace i nepřímý vliv. V mnoha studiích je zdokumentována zvýšená tendence raků vyhledávat úkryty při vystavení predaci ze strany ryb (Garvey a kol., 1994; Hill a Lodge, 1994). Při dostatečné úkrytové kapacitě prostředí vyhledávají raci místa, která jsou z pohledu náchylnosti k predaci bezpečnější. Pokud je úkrytů málo, vyhrávají v boji o úkryt kompetičně zdatnější jedinci. Tato skutečnost může zvýhodňovat kompetičně zdatnější druhy nepůvodních raků, které mohou na lokalitách vystavených vyššímu predačnímu tlaku ryb nahradit původní druhy raků. Snaha vyhnout se predačnímu tlaku může vyvolat také změny v chování raků. (Daněk a kol., 2018). Ti mohou v přítomnosti predátorských druhů ryb posunout vrchol své aktivity na dobu nejmenší aktivity dravých druhů.

Barki a kol. (2001) ve své práci dále uvádí možnost zvýšení predace mezi raky. Svlékající se jedinci obvykle obývají méně oblíbené otevřené typy prostředí. V přítomnosti predátorů se však otevřeným plochám vyhýbají, následkem čehož se objevují poblíž úkrytů jedinců stejného druhu, což vede ke zvýšení kanibalismu mezi malými raky.

Význam raka jako potravní složky roste s věkem a velikostí těla ryby. Tohoročci jsou při hledání potravy limitováni velikostí ústního otvoru. Během ontogenetického vývoje ryb tak v souvislosti se schopností pozřít větší sousta dochází ke změně složení potravy. U druhů, které jsou příležitostnými predátory raků, dochází v souvislosti s věkem k nárůstu procentuálního zastoupení raků v potravě (Roell a Orth, 1993).

Vztah raků a jejich predátorů je již dlouho formován. Ke snížení míry predace došlo během evoluce k vyvinutí řady mechanismů. Gelwick (2000) ve své práci zdůvodňuje noční aktivitu raků jako způsob úniku před predátory v rámci vodního prostředí. Jako ochranu před terestrickými predátory pak udává vyhledávání hlubších habitatů. Power (1987) uvádí, že obdobné schéma platí také pro ryby: velké ryby se vyhýbají predaci suchozemských dravců vyhledáváním větších hloubek, malé ryby se naopak uchylují do mělčích vod kvůli predaci ze strany velkých ryb. Tato teorie vedla k předpokladu, že ve větších hloubkách budou raci snazší kořistí. Souvislost mezi hloubkou vody a vyšší mírou predace však nebyla prokázána (Dekar a Magoulick, 2013) nebo byl její vliv shledán pouze jako okrajový (Englund a Krupa, 2000).

3.3.2 **Kompetice o potravu a úkrytová místa**

Kompetice se silně projevuje mezi skupinami s podobnými ekologickými nároky. Z důvodu překryvu nik jsou významnými kompetitory raků zejména menší bentické druhy ryb. V rámci těchto skupin je typická nejen konkurence o potravní zdroje a vhodné úkryty (Reynolds, 2011), ale i sdílení stejných predátorů.

V přítomnosti velkých dravých druhů ryb projevuje kořist zvýšenou tendenci k vyhledávání úkrytů (Rahel a Stein, 1998). Kompetičně méně zdatní jedinci, kteří nenaleznou vhodný úkryt, se pro dravce stávají snadnější kořistí. Podle Millera a kol. (1992) je v přírodních podmínkách množství útočišť více limitujícím faktorem než dostupnost potravy. Vystavení predaci ze strany dravých druhů patně také vedlo

k vyvinutí noční aktivity u raků i u malých bentických druhů ryb (Gelwick, 2000; Prenda a kol., 2000).

Silnou konkurenci o úkrytová místa potvrzují Guan a Wiles (1997). Ti podrobili bližšímu zkoumání vztah nepůvodního raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) a malých bentických ryb (*Barbatula barbatula*, *Cottus gobio*). V přítomnosti tohoto agresivního druhu došlo k vytlačení ryb mimo části toku obývané rakem. Dominantní postavení raků v ekosystému zaznamenal i Bubb a kol. (2009). Autoři zkoumali dopad kompetice mezi nepůvodním rakem signálním, původním rakem bledonohým (*Austropotamobius pallipes*) a vrankou. Přítomnost obou druhů raků měla negativní dopad na možnost využívání úkrytů ze strany vranky.

K opačným výsledkům dospěl laboratorní experiment mezi vrankou *Cottus cognatus* a rakem *Orconectes virilis*. Miller a kol. (1992) ve své studii vystavili tyto dva druhy vzájemnému působení v akváriu. Raci v přítomnosti vranky omezili svoji aktivitu, méně vyráželi za potravou a projevovali zvýšenou tendenci vyhledávat úkryty. Aktivita vranky nebyla přítomností raků dotčená. Tuto studii lze také uvést jako modelový příklad změny chování v přítomnosti konkurenčního druhu, neboť autoři toto vysvětlují pouze jako krátkodobou změnu chování, která by v případě společného dlouhodobého výskytu na lokalitě odezněla.

Přítomnost raků ve vodním ekosystému může ovlivnit i dravé druhy ryb. Hirsch a Fischer (2008) zaznamenali negativní vztah mezi přítomností raka a využíváním úkrytů tohoročky mníka. Juvenilní mníci projevili v přítomnosti raků tendenci vyhledávat vzdálenější, a často méně výhodné úkryty.

3.4 Rybí společenstva v kontextu ČR

Vodní toky jsou významným typem prostředí, většina druhů ryb jsou druhy původně říční. V podélném průběhu toku dochází ke změně fyzikálních, chemických i biotických podmínek. V souvislosti se změnou charakteristik prostředí se proměňuje i druhové složení a struktura rybích společenstev. Na základě přítomnosti dominantních druhů rozdělil Frič (in Baruš a Oliva, 1995a) toky na jednotlivá rybí pásma směrem od horního toku na pstruhové, lipanové, parmové a cejnové. V současné době lze toto rozdělení považovat spíše za orientační, neboť toky jsou ve svém průběhu významně ovlivňovány lidskou činností, což má za následek změny druhového složení i struktury rybích společenstev (Peňáz a kol.,

1999; Wolter a Vilcinskas, 1997). Posun ve složení ichtyocenóz může zapříčinit také rozšiřování druhů mimo jejich původní prostředí. Příkladem může být introdukovaná střevlička východní (*Pseudorasbora parva* Temminck & Schlegel, 1846), vysoce invazivní druh z východní Asie s velkým potenciálem osidlovat lentické i lotické prostředí (Bayer, 2007; Gozlan a kol., 2010).

K formování struktury společenstva dochází na základě vnitrodruhových i mezidruhových vztahů. Působením těchto mechanismů došlo v průběhu evoluce ke specializaci, díky které jsou druhy adaptovány na využívání různých částí vodního sloupce (Prenda a kol., 1997a).

K výrazně bentickým druhům patří např. hrouzek (*Gobio gobio* Linnaeus, 1758), mřenka (*Barbatula barbatula* Linnaeus, 1758), vranka (*Cottus gobio* Linnaeus, 1758), úhoř (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758) a mník (*Lota lota* Linnaeus, 1758) (Erős a kol., 2003; Prenda a kol., 1997a). Patrně nejméně náročným druhem na strukturu a substrát dna je z výše jmenovaných bentických druhů hrouzek (Prenda a kol., 1997a). Mřenka preferuje pobřežní zóny s naplaveninami a vegetací, naopak vrance vyhovují kamenité biotopy (Carter a kol., 2004; Welton a kol., 1991). Mník je druhem vyžadujícím dostatečnou úkrytovou kapacitu. Osidluje hlubší partie toku, zejména tůně s přítomností kořenových systémů (Erős a kol., 2003). Dalším bentickým druhem, který vyhledává větší hloubky, je úhoř. Tato tendence se prohlubuje s rostoucím věkem jedinců (Laffaille a kol., 2003). K životu u dna je přizpůsobená i parma, která vyhledává proudné oblasti toku (Baruš a Oliva, 1995b).

Střevle (*Phoxinus phoxinus* Linnaeus, 1758) využívá střední část vodního sloupce (Prenda a kol., 1997a). Vyhýbá se hlavnímu proudu, v klidnějších úsecích toku upřednostňuje obývání tůní (Erős a kol., 2003). Druhem, který využívá volné vody, je také plotice (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) (Baruš a Oliva, 1995b). Využívání střední části vodního sloupce je typické dále pro jelce proudníka (*Leusciscus leusciscus* Linnaeus, 1758) a pstruha (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758), tyto druhy však vyhledávají proudící partie toku (Prenda a kol., 1997a). Štika (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) patří k druhům pomalu tekoucích vod s preferencí makrofytní vegetace (Sandlund, 2016). Obdobné nároky na vodní prostředí vykazují také kapr (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), pelín (*Scardinius erythropthalmus* Linnaeus, 1758) a okoun (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758). Jelec tloušť (*Squalius cephalus* Linnaeus, 1758) nejčastěji obývá úseky toků, které se vyznačují větší členitostí dna (Baruš a Oliva,

1995b). Střevlička vykazuje značnou plasticitu v osidlování různých typů prostředí, v rámci tekoucích vod osidluje spíše drobné pomaleji tekoucí vody, patrná je zejména její asociace se submerzní vegetací (Bayer a kol., 2007; Gozlan a kol., 2010).

Na základě potenciálu k predaci raka kamenáče bylo k analýze potravy vybráno 9 druhů ryb. V rámci vybraných druhů byla konzumace raků předpokládána v největší míře ze strany pstruha, okouna (Olsson, 2005; Reynolds, 2011), mníka (Klobucar a kol., 2016), jelce tlouště, případně i kapra (Michel a Oberdorff, 1995). Ostatní ulovené druhy ryb jsou vnímány spíše jako konkurenti raků (Bubb a kol., 2009; Guan a Wiles, 1997), ačkoli Kozák a kol. (2013) ve své publikaci uvádí několik autorů, kteří jasně dokládají jako predátory raků i mřenku, vranku, hrouzka a plotici. Výše uvedené druhy, jejich ekologické a potravní nároky jsou blíže popsány v následujícím textu.

3.4.1 **Pstruh obecný**

Pstruh je reofilní stanovištní ryba, která hájí své teritorium. V průběhu dne obývají jedinci svá stanoviště, která opouštějí za účelem lovu potravy v době zvýšené aktivity potravních organismů, tj. večer a podvečer (Baruš a Oliva, 1995a). Příjem potravy u pstruhů není závislý na teplotě, potravu přijímají aktivně po celý rok. Při výběru potravy není pstruh výrazně selektivní, využívá nejsnáze dostupné potravní složky. Až 80% potravy pstruha tvoří hmyz, který zahrnuje jak širokou škálu bentických larev (Michel a Oberdorff, 1995), tak dospělce z řad náletového hmyzu (Vlach a kol., 2013). Náletový hmyz se v potravě pstruha objevuje po celou dobu své dostupnosti, nejvyšší příjem je patrný na přelomu léta a podzimu. Ke sbírání hmyzu z vodní hladiny využívají pstruzi klidnější a pomaleji tekoucí partie toku. Značnou část potravy větších jedinců tvoří ryby, menší jedinci jako zdroj potravy využívají také rybí plůdek (Michel a Oberdorff, 1995).

3.4.2 **Jelec tloušť**

Jelec tloušť je schopen obývat různé typy toků, jeho přítomnost je však závislá na členitosti dna a břehů. Vyžaduje dostatečné množství úkrytů, ve kterých tráví značné množství času. Úsek toku, ve kterém žije, opouští zpravidla pouze za účelem tření (Baruš a Oliva, 1995b).

Tloušť je všežravá ryba, potravu přijímá v menší míře i v zimním období (Hellawell, 1971). Rostlinná a živočišná složka se na složení potravy jelce tlouště patrně podílí rovným dílem (Michel a Oberdorff, 1995). Jeho potrava zahrnuje širokou škálu vodních larev hmyzu, jako nejvyhledávanější složku potravy uvádí autoři Michel a Oberdorff (1995) larvy chrostíků (Trichoptera), u mladých ryb zástupce čeledi Chironomidae. V potravě tlouště lze nalézt také vysoký podíl náletového hmyzu (Vlach a kol., 2013), značnou část potravy tvoří i detrit (Michel a Oberdorff, 1995). Z řad obratlovců je patrná preference ryb (Michel a Oberdorff, 1995), schopný je pozřít ale i jiné drobnější obratlovce (Baruš a Oliva, 1995b). Příležitostnou složku potravy jelce tlouště tvoří také raci, pokud se vyskytují ve větším množství (Hellawell, 1971; Michel a Oberdorff, 1995).

3.4.3 **Plotice obecná**

Mladí jedinci plotic obývají mělčí partie toků, dospělci využívají celý úsek řeky. Ve dne se dospělí jedinci pohybují na volné vodě, pátrání po potravě probíhá po soumraku na mělčinách. Migrace konají pouze na krátkou vzdálenost v době tření (Baruš a Oliva, 1995b).

Plotice není potravně selektivní, využívá zejména potravní zdroje, které jsou snadno dostupné. Složení její potravy odpovídá potravní nabídce a zahrnuje složky, které jsou v danou dobu na lokalitě nejpočetnější. Plotice se velmi dobře dokáže vyrovnat s nedostatkem potravy a při zvýšené potravní nabídce dokáže markantně zvýšit její příjem. Potrava plotic sestává zejména ze zooplanktonu a rostlin, při vyšší abundanci také z měkkýšů. Častou složkou potravy plotic je také detrit, který je ve zvýšené míře konzumován v zimním a jarním období (Michel a Oberdorff, 1995). Baruš a Oliva (1995b) uvádějí rostoucí význam rostlinné složky potravy u starších jedinců. Faktorem, který ovlivňuje složení potravy plotice, je patrně teplota. Při teplotách mezi 5 a 15°C je u plotic nejvyšší příjem detritu, naopak při extrémních teplotách (teploty pod a nad 20°C) se zvyšuje podíl živočišné složky (Michel a Oberdorff, 1995).

3.4.4 **Kapr obecný**

Kapr je druhem pomalu tekoucích až stojatých vod s měkkým dnem a submerzní vegetací. Žije v hejnech, během dne využívá celý vodní sloupec a vplouvá

i do mělčin. Největší aktivita je u kaprů patrná v létě, v zimě se jedinci při poklesu aktivity stahují ke dnu (Baruš a Oliva, 1995b).

Na teplotě je zvávislá také intenzita příjmu potravy kaprem. Při teplotě okolo 10°C se začíná zpomalovat, k úplnému zastavení příjmu potravy dochází při 6 °C. Kapr je všežravý, při výběru preferuje nejsnáze ulovitelnou potravu (Michel a Oberdorff, 1995). Vysoký podíl detritu na potravě kapra není vzhledem k morfologii jeho ústního otvoru překvapivý (García-Berthou, 2001). I přesto je u kapra patrná tendence ke karnivorii, živočišná složka může tvořit 75-95 % jeho potravy. Nejvýznamnější složku potravy kapra tvoří bentické larvy, zejména pak čeleď Chironomidae, druhou nejhojnější složkou jsou měkkýši. Během jara a léta narůstá v potravě kapra význam zooplanktonu a rostlin (Michel a Oberdorff, 1995). Konzumace makrofytní vegetace však není tak významná, jak se v minulosti předpokládalo. Vliv kapra na vegetaci je spíše nepřímý, díky jeho působení na kořenové systémy rostlin (García-Berthou, 2001).

3.4.5 **Hrouzek obecný**

Hrouzek je bentická ryba, schopná osídlit různé typy vodního prostředí. Druh je náročný na dobré prokysličení vody, proto mu vyhovují spíše vody proudivé. Nízký obsah rozpuštěného kyslíku je pro něj limitujícím faktorem (Baruš a Oliva, 1995b). Hrouzek osidluje zejména lokality s kamenitým substrátem dna, na rozdíl od jiných bentických druhů však vyhledává otevřenější místa. Hrouzek není teritoriální druh, zůstává však věrný svému stanovišti (Prenda a kol., 1997b).

Hrouzek je převážně insektivorní, larvy hmyzu tvoří více než polovinu jeho potravy. Složení potravy hrouzka je značně závislé na prostředí, ve kterém se pohybuje, v jejím složení jsou patrné také sezónní změny. Nejvyhledávanější potravou v rámci larev vodního hmyzu jsou skupiny Trichoptera, Ephemeroptera a Chironomidae. Tyto skupiny zcela dominují v jarním období, při jejich nedostatku na podzim a v zimě se hlavním zdrojem obživy stávají měkkýši. Doplňkovou složku stravy tvoří vláknité řasy a jiný rostlinný materiál, mladí jedinci se živí zooplanktonem (Michel a Oberdorff, 1995).

3.4.6 **Mřenka mramorovaná**

Mřenka je druhem mělkých proudivých vod s písčitým až kamenitým dnem. Kameny hojně využívá jako úkryty, kde tráví většinu času. Mřenky jsou sociálním druhem,

více jedinců často sdílí společný úkryt (Baruš a Oliva, 1995b), díky čemuž je distribuce mřenek v rámci toku méně homogenní (Prenda a kol., 1997b). Ačkoli mřenka obývá toky s kamenitým substrátem, v přítomnosti konkurenčních druhů preferuje pro vyhledávání potravy zóny s náplavy a přítomností makrofyt (Welton a kol., 1991).

Při hledání potravy se mřenka orientuje pomocí vousků. Patří mezi oportunisty, kteří využívají nejdominantnější zdroj potravy (Michel a Oberdorff, 1995). Živí se bentickými bezobratlými, konkrétně larvami dvoukřídlého hmyzu, zejména čeledi Chironomidae. Častou potravou mřenky jsou i larvy jepic, chrostíků a pošvatek (Vlach a kol., 2013), konzumuje také drobné korýše. Příležitostnou složkou potravy mohou být i vajíčka ryb a plankton, přechodně se může živit také náletovým hmyzem (Michel a Oberdorff, 1995).

3.4.7 **Mník jednovousý**

Mník dokáže osídlit různé typy vod, vzhledem ke svému bentickému způsobu života však vyžaduje dostatečně členité dno se značnou úkrytovou kapacitou. Vyhovují mu zejména toky s tůněmi a přítomností kořenových systémů (Erős a kol., 2003). Aktivní je v noci, během dne setrvává v úkrytech. U mníka je patrná sezónní změna chování, kdy s klesající teplotou vody narůstá jeho aktivita. Nejvyššího stupně dosahuje při teplotě 5 °C, naopak léto je pro mníka spíše obdobím pasivity (Baruš a Oliva., 1995b).

Jako u mnoha jiných druhů ryb je u mníka patrný ontogenetický posun ve složení potravy. Juvenilní jedinci se živí zooplanktonem a velkými bezobratlými. S rostoucí velikostí těla se v potravě mníků objevuje větší množství ryb (Gallagher a Dick, 2015; Hares a kol., 2015). Velcí jedinci jsou primárně piscivorní, významnou složku potravy menších a středně velkých jedinců (cca do 65 cm tělesné délky) tvoří také raci (Klobucar a kol., 2016).

3.4.8 **Okoun říční**

Okoun obývá zejména pomalu tekoucí řeky, vyhýbá se chladným a rychle proudícím vodám. Preferuje místa s bohatým vegetačním krytem. Okoun je stanovištní ryba, pohybuje se obvykle pouze na malé vzdálenosti. V zimě aktivita okounů klesá, jedinci vyhledávají v rámci toku větší hloubky. Lovit vyráží okouni zejména ráno a za soumraku (Baruš a Oliva, 1995b).

Mladí jedinci se živí téměř výhradně zooplanktonem. Zooplankton tvoří významnou část potravy také u středně velkých jedinců, zejména v létě a na podzim. Další důležitou složku potravy střední velikostní kategorie okounů tvoří velcí bentičtí bezobratlí. Za zmínku stojí zejména larvy skupin Chironomidae a Ephemeroptera. V potravě okounů se objevují také korýši (Blake a Hart, 1995; Michel a Oberdorff, 1995). Jejich zastoupení v potravě je proměnlivé, mohou se vyskytovat ve velkém množství či úplně chybět. Tyto změny však nejsou závislé na sezóně. Velcí jedinci se živí rybami, které tvoří kolem 50 % jejich celkové potravy (Michel a Oberdorff, 1995).

3.4.9 **Vranka obecná**

Biotopem vranky jsou drobnější toky, v nichž využívá mělké úseky s členitým dnem. Přítomnost vranky v toku je závislá na členitosti dna a dostatečné úkrytové kapacitě, preferuje spíše kamenité biotopy. Aktivní je večer a v noci, kdy vyráží za potravou. Přes den vyhledává úkryty pod kameny, které obývá vždy solitérně (Prenda a kol., 1997b; Welton a kol., 1991).

Potravu vranky tvoří téměř výhradně hmyz a drobní korýši. Nejvyhledávanější potravou jsou larvy čeledi Chironomidae. Největší podíl této složky je u jedinců s velikostí těla do cca 7,5 cm. U větších jedinců je část této potravy postupně nahrazována jedinci ze skupin Trichoptera, Ephemeroptera a Plecoptera. V zimě jsou dominantní složkou jejich potravy menší korýši. Vodní hmyz a larvy konzumují vranky v době jejich dostupnosti, na jaře a v létě (Michel a Oberdorff, 1995).

4 Metodika

Prvotním krokem výzkumu byl výběr vhodných vodních toků a lokalit s výskytem raka kamenáče. Byly vybrány lokality s aktuální vysokou početností raka kamenáče, doplněny byly o potok Úpoř, na kterém proběhl v roce 2005 račí mor, ale rak kamenáč se zde opět objevuje.

V další fázi bylo provedeno prolovení toků za účelem zjištění druhového složení a charakteristik ichtyocenóz.

Na několika lokalitách (v Plzeňském kraji, dle domluvy se Západočeským územním svazem Českého rybářského svazu (dále jen „ZÚS ČRS“) a dále na Stroupínském a Zákolanském potoce díky spolupráci s Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka (dále jen „VÚVTGM“) byly odebrány vzorky ryb dle vybraných kritérií (druhy potenciálně predující raky na základě dosavadních informací, převážně adultní jedinci, druhy na lokalitě dostatečně početné). Tyto ryby byly fixovány ve 4 % formaldehydu.

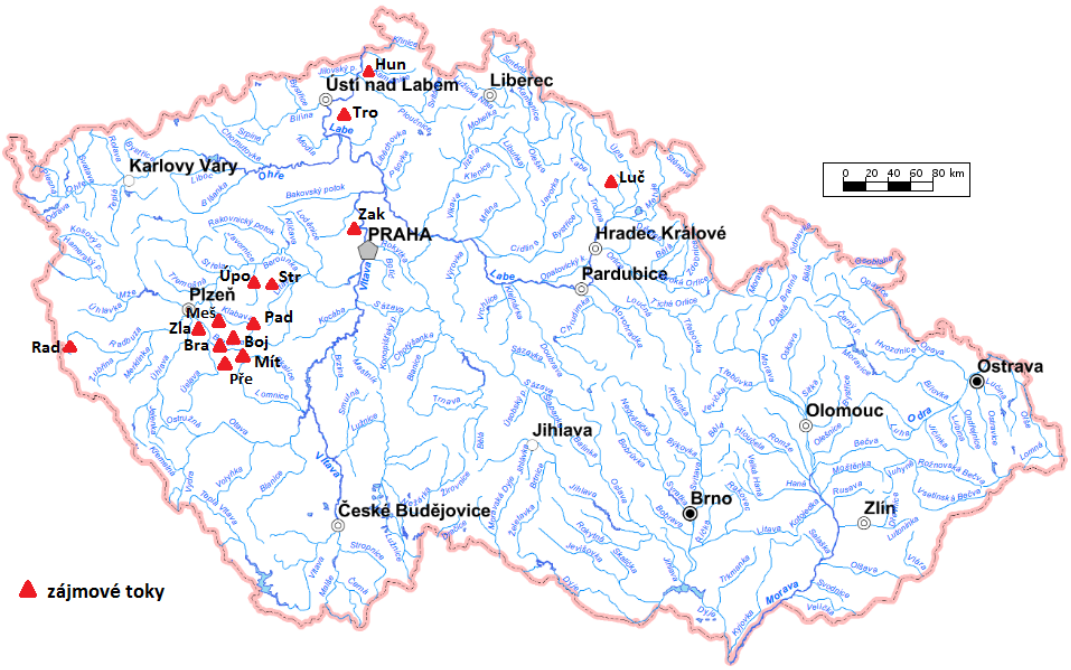
Dalším krokem byla pitva ryb a determinace potravních částic v jejich zažívadlech.

Zjištěné skutečnosti byly vyhodnoceny ve vztahu k aktuálním početnostem raka kamenáče a jeho délkové struktuře na sledovaných lokalitách. Pro analýzy byly použity údaje Vlacha (2016) a Vlacha (2017b), k vlastnímu vyhodnocení byla použita také data z monitoringu raka kamenáče (Vlach, dosud nepublikováno).

4.1 Charakteristika lokalit

Pro ichtyologický průzkum bylo vybráno 14 toků (29 profilů) s prokázaným výskytem raka kamenáče (Vlach, 2009b) a jejich aktuálně vysokou početností (Vlach 2016), doplněné o potok Úpoř, lokalitu, kde se rak kamenáč po proběhlém račím moru v roce 2005 zase znovu začíná objevovat. Vybrané profily jsou shodné s lokalitami monitoringu raka kamenáče Agentury ochrany přírody a krajiny ČR (dále jen „AOPK ČR“).

Zájmové toky jsou vyznačeny v mapě říční sítě České republiky (obr. 1), seznam všech prolovených profilů s uvedením přesné lokalizace je uveden v příloze č. 1.



Obr. 1: Mapa říční sítě ČR s vyznačenými zájmovými toky (zdroj: webmap.dppcr.cz, 2018; upraveno). Použité zkratky: Bojovka (Boj), Bradava (Bra), Huníkovský potok (Hun), Luční potok (Luč), Mešenský potok (Meš), Mítovský potok (Mít), Padrťský potok (Pad), Přešínský potok (Pře), Radbuza (Rad), Stroupínský potok (Str), Trojhorský potok (Tro), Úpoř (Úpo), Zákalonský potok (Zák), Zlatý potok (Zla)

4.1.1 **Bojovka**

Bojovka pramení 2 km východně od obce Míšov (okres Plzeň-jih) v nadmořské výšce 645 m. Jako pravostranný přítok se severozápadně od Hořehled ve výšce 435 m n. m. vlévá do Bradavy. Délka toku po soutok s Bradavou činí 6, 8 km (Vlček a kol., 1984).

Na Bojovce byly proloveny 2 profily, mapa s vyznačením jejich polohy je uvedena v příloze č. 2. Profily Číčov a Těnovice se svým charakterem zásadně nelišily. Koryto toku má přirozený charakter, průměrná šířka toku dosahuje 2,5 m. Dno tvoří substrát písčité, štěrkovité i kamenité frakce. Do toku zasahují kořenové systémy stromů, v korytě je přítomno množství velkých kamenů. Oba profily se vyznačují také přítomností tůní, jejich zastoupení v toku je větší v profilu Číčov.

4.1.2 **Bradava**

Pramen Bradavy vyvěrá severně od obce Míšov (okres Plzeň-jih) v nadmořské výšce 670 m. Jako pravostranný přítok se u Nezvěstic ve výšce 357 m n. m. vlévá do Úslavy. Průměrný průtok toku u ústí dosahuje hodnoty 0,59 $m^3 \cdot s^{-1}$. Délka toku činí 20,4 km, plocha povodí dosahuje 103,1 km^2 (Vlček a kol., 1984).

Do ichtyologického průzkumu Bradavy byly zahrnuty 3 profily (mapa viz příloha č. 3 a 4). V profilu Bílý potok protéká Bradava lesem. Koryto toku je zde přirozené s průměrnou šířkou 2,5 m. Substrát dna zahrnuje různé zrnitostní frakce od písčitých až po kamenité. Do toku zasahují kořeny pobřežních dřevin.

U Vlkova dosahuje Bradava šířky 3-5 m. Tok je obklopen lesním porostem. V korytě toku je hojně přítomno mrtvé dřevo.

V Hořehledech dosahuje koryto Bradavy šířky 6 m. Koryto toku je napřímené a zahloubené. Charakter dna je přírodní, se štěrkovitým až kamenitým substrátem, břehy jsou zpevněny kamenným záhozem. Do toku místy zasahují kořenové systémy pobřežní vegetace. Ojediněle lze nalézt hlubší partie s hloubkou do 60 cm.

4.1.3 **Huníkovský potok**

Potok pramení v nadmořské výšce 335 m severovýchodně od obce Huníkov (okres Ústí nad Orlicí). Potok je pravostranným přítokem říčky Bystrá, do které se vlévá ve výšce 282 m n. m. Tok dosahuje délky 3,4 km, plocha povodí činí 3,9 km^2 (Vlček a kol., 1984).

Na Huníkovském potoce byly zmapovány 2 profily (mapa viz příloha č. 5). V Kerharticích je koryto Huníkovského potoka zahloubené a napřímené. Tok zčásti protéká zastavěným územím, jeho šíře dosahuje průměrně 1,5 m. Diverzita substrátu dna je značná, přítomna je písčitá, štěrkovitá i kamenitá frakce, místy lze nalézt větší mocnost jemného naplaveného sedimentu. Do toku zasahují kořeny stromů, zejména olší.

U obce Huníkov je koryto toku přirozeného charakteru s průměrnou šířkou 2 m. Substrát dna je tvořen štěrkopískovým materiálem, tok je dále obohacen o mrtvou dřevní hmotu.

4.1.4 **Luční potok**

Luční potok pramení severně od obce Hertvíkovice (okres Trutnov) v nadmořské výšce 497 m. U Terezína se ve výšce 370 m n. m. vlévá zleva do Čisté. Délka toku před soutokem dosahuje 8, 3 km, plocha povodí činí 38,7 km^2 (Vlček a kol., 1984).

Na Lučním potoce byly proloveny 2 profily, mapa s jejich vyznačením je uvedena v příloze č. 6. První prolovený profil se nachází v obci Rudník. Koryto Lučního

potoka je zde napřímené a zahloubené. V toku jsou přítomny kameny a jemný naplavený sediment.

V profilu Mostek je část toku po proběhlé renaturaci přírodního charakteru, na několika úsecích Lučního potoka je stále patrná rozpadlá regulace. Průměrná šířka toku dosahuje 4 m, z potenciálních úkrytů jsou v korytě přítomny větší kameny.

4.1.5 **Mešenský potok**

Pramen Mešenského potoka se nachází jihovýchodně od obce Trokavec (okres Rokycany) v nadmořské výšce 595 m. Ve výšce 352 m n. m. ústí poblíž Šťáhlavic zprava do Úslavy. Délka toku dosahuje 16,2 km, plocha povodí činí 51 km^2. Hodnota průměrného průtoku u ústí potoka je 0,24 $m^3 \cdot s^{-1}$ (Vlček a kol., 1984).

Potok byl proloven na 2 profilech (mapa viz příloha č. 7). V profilu Vísky byl Mešenský potok zahlouben a napřímen, nyní je však koryto již z velké části renaturováno. V korytě toku jsou hojně přítomny kameny, mrtvé dřevo, vývraty, kořenové systémy živých stromů a spadané listí. Substrát dna je tvořen jílovitým a štěrkovitým materiálem. Tok je lemován dřevinami a nitrofilní vegetací.

U Příkosic je koryto Mešenského potoka přirozené s průměrnou šířkou 2,5 m. Stejně jako u předchozího profilu je v toku přítomna mrtvá dřevní hmota, kořenové systémy pobřežní vegetace a různé zrnitostní frakce zemin.

4.1.6 **Mítovský potok**

Mítovský potok pramení v nadmořské výšce 672 m severozápadně od obce Chynín (okres Plzeň-jih). Je levostranným přítokem Bradavy, do které se vlévá ve výšce 444 m n. m. u Hořehled. Tok je dlouhý 8,6 km, plocha povodí zaujímá rozlohu 32,6 km^2. Průměrný průtok u ústí toku činí 0,19 $m^3 \cdot s^{-1}$ (Vlček a kol., 1984).

Profil Drahota se nachází v lese, koryto toku je přirozeného charakteru. Průměrná šířka toku dosahuje 2,5 m. Substrát dna je štěrkovitý až kamenitý. Z možných úkrytů jsou v toku přítomny větší kameny a napadané větve stromů.

V profilu Mítov je koryto toku napřímené, avšak nezpevněné s podemletými břehy. Průměrná šířka koryta zde dosahuje 5 m. Substrát dna je převážně písčitý, lze ale nalézt i hrubší frakce (štěrkovitý až kamenitý substrát). Do toku místy zasahují kořenové systémy stromů. Poloha výše popsaných profilů je vyznačena v mapě uvedené v příloze č. 8.

4.1.7 **Padrťský potok**

Pramen Padrťského potoka se nachází v Brdech (okres Rokycany) poblíž Padrťských rybníků v nadmořské výšce 678 m. Jako pravostranný přítok se poblíž Chrástu ve výšce 286 m n. m. vlévá Berounky. Délka toku činí 49 km. Plocha povodí zaujímá rozlohu 372,3 km^2, průměrný průtok u ústí dosahuje 2,1 $m^3 \cdot s^{-1}$ (Vlček a kol., 1984).

V rámci monitoringu Padrťského potoka byly vybrány 2 profily (mapa viz příloha č. 9). Profily Pod mostem i Tři trubky se svým charakterem zásadně nelišily. V obou případech tvoří lem toku porost olší, jejichž kořenové systémy hojně zasahují do toku. Tok je přírodního charakteru s kamenitým substrátem dna, které pokrývá bahnitý sediment. V korytě jsou hojně přítomny napadané větve stromů.

4.1.8 **Přešínský potok**

Pramen potoka vyvěrá severně od obce Přešín (okres Plzeň-jih) v nadmořské výšce 485 m. Ve výšce 395 m n. m. ústí u obce Ždírec zprava do Úslavy. Tok je dlouhý 5,5 km (Vlček a kol., 1984).

Na Přešínském potoce byly vybrány 2 profily (mapa viz příloha č. 10). Na profilu Louňová dosahuje potok průměrné šířky 2,5 m a jeho charakter je přirozený. Ve dně lze nalézt substrát písčité, štěrkovité i kamenité frakce. Typická je také přítomnost nezetlelého organického materiálu, kamenů a větví stromů.

U obce Žďár protéká Přešínský potok řídkým porostem. Koryto toku je přírodní, s průměrnou šířkou 3,5 m. Substrát dna je štěrkovitý až kamenitý, místy s jemným naplaveným sedimentem. V toku jsou řídce přítomny tůně s maximální hloubkou do 30 cm.

4.1.9 **Radbuza**

Radbuza pramení v Českém lese cca 1,5 km severovýchodně od obce Závist (okres Domažlice). Pramen se nachází ve výšce 720 m n. m. Jako pravostranný přítok se ve výšce 298 m n. m. vlévá v Plzni do Berounky. Délka toku činí 111,5 km, plocha povodí zaujímá rozlohu 2179,4 km^2. Hodnoty průměrného průtoku u ústí dosahují 11,1 $m^3 \cdot s^{-1}$ (Vlček a kol., 1984).

Tok byl proloven na dvou profilech (mapa viz příloha č. 11). V profilu Mostek protéká Radbuza řídkým lesním porostem a tvoří zde přirozeně meandrující koryto s průměrnou šířkou 3 m. Tok je v tomto úseku hloubkově různorodý s rozmanitým charakterem dna. Díky kořenovým systémům zasahujícím do toku lze tento úsek

charakterizovat jako profil s významnou úkrytovou kapacitou. Substrát dna je převážně štěrkovitý.

Charakter druhého profilu je značně odlišný. V profilu Rybník se jedná o zahloubené napřímené koryto s šířkou toku 1,5 m, které protéká otevřenou odlesněnou krajinou.

4.1.10 **Stroupínský potok**

Pramen Stroupínského potoka vyvěrá 1 km jihovýchodně od obce Kařízek (okres Beroun) v nadmořské výšce 573 m. Ve výšce 264 m n. m. se poblíž Zdic zleva vlévá do Červeného potoka. Průměrný průtok u ústí dosahuje 0,38 $m^3 \cdot s^{-1}$. Tok je dlouhý 22,1 km, rozloha plochy povodí činí 109,9 km^2 (Vlček a kol., 1984).

Na Stroupínském potoce byl proloven jeden profil u obce Hředle (mapa viz příloha č. 12). Koryto toku zde meandruje v zemědělské krajině, lem toku tvoří porost vrb, olší, bezu a nitrofilní vegetace. Substrát dna je převážně štěrkopískový, v toku jsou dále přítomny i větší kameny, napadané větve stromů a kořeny pobřežních porostů. Průměrná šíře toku je 4 m, hloubka do 20 cm. Místy lze nalézt i hlubší tůně.

4.1.11 **Trojhorský potok**

Trojhorský potok pramení poblíž obce Rýdeč (okres Litoměřice) ve výšce 415 m n. m. Tvoří pravostranný přítok Lučního potoka, do kterého se vlévá u Leopoldova mlýna ve výšce 232 m n. m. Plocha povodí dosahuje 6, 4 km^2 (Vlček a kol., 1984).

V rámci monitoringu byl jeden profil zvolen přímo na Trojhorském potoce, druhý na pravostranném přítoku Trojhorského potoka. Mapa s vyznačením vybraných profilů je uvedena v příloze č. 13. Přítok je napřímený s průměrnou šířkou 1 m. Substrát dna je bahnitý až jílovitý, v toku jsou přítomny kameny a napadané větve stromů.

Koryto Trojhorského potoka je přirozené, se značnou úkratovou kapacitou. Do toku zasahují kořeny stromů rostoucích v pobřežní zóně, v korytě lze nalézt kameny a mrtvé dřevo. Hojně se střídají mělčí partie s množstvím hlubších tůní. Patrné jsou dále úkryty vyhrabané ve dně i březích.

4.1.12 **Úpoř**

Potok pramení v nadmořské výšce 498 m jižně od kóty Vlastec v okrese Beroun. Tok je dlouhý 11,2 km, plocha povodí činí 39,5 km^2. Potok je pravostranným přítokem

Berounky, do které se vlévá ve výšce 246 m n. m. u obce Týřovice. Průměrný průtok u ústí dosahuje 0,08 $m^3 \cdot s^{-1}$ (Vlček a kol., 1984).

V rámci Úpořského potoka byly zvoleny 3 profily, jejich poloha je patrná z mapy uvedené v příloze č. 14. Koryto toku je na všech profilech přirozeného charakteru, jeho šířka průměrně dosahuje 2,5 m. Substrát dna obsahuje všechny zrnitostní frakce, včetně jemnozrnného sedimentu a větších kamenů vhodných k úkrytu. V toku se hojně objevuje mrtvé dřevo a kořenové systémy živých stromů.

4.1.13 **Zákolanský potok**

Potok pramení v nadmořské výšce 418 m poblíž Pleteného Újezdu (okres Praha-západ). V nadmořské výšce 168 m se jako levostranný přítok vlévá v Kralupech do Vltavy. Průměrný průtok u ústí činí 0,63 $m^3 \cdot s^{-1}$. Rozloha plochy povodí toku je 265,6 km^2, délka toku dosahuje 28,2 km (Vlček a kol., 1984).

V rámci monitoringu Zákolanského potoka byly proloveny 2 profily (mapa viz příloha č. 15). Tyto profily se zásadněji liší pouze přítomností pobřežních porostů. Charakter koryta Zákolanského potoka v profilu Běloky je převážně přírodní, dnový substrát tvoří bahnitý a štěrkovitý materiál. Do toku zasahují kořenové systémy pobřežních dřevin, převážně vrb a olší. Průměrná šířka toku v těchto místech dosahuje 1,3 m.

Na profilu u obce Středokluky dosahuje tok průměrné šířky 2 m. Břehy toku jsou travnaté, dno tvoří jílovitý materiál, místy s bahnitým sedimentem. Potenciální úkrytová místa zde tvoří kameny a vyhrabané úkryty ve dně toku.

4.1.14 **Zlatý potok (Příchovický)**

Pramen Příchovického potoka se nachází v nadmořské výšce 515 m cca 1 kilometr od obce Skašov (okres Plzeň-jih). Tok je pravostranným přítokem Úhlavy, do které se vlévá v Příchovicích ve výšce 350 metrů nad mořem. Potok je dlouhý 10,5 km, průměrný průtok u ústí činí 0,10 $m^3 \cdot s^{-1}$. Plocha povodí zaujímá rozlohu 38,7 km^2 (Vlček a kol., 1984).

Na Zlatém potoce byly vybrány dva profily (mapa viz příloha č. 16). U Horšic je koryto toku regulováno. Tok je napřímený s patrným opevněním, které se rozpadá. Průměrná šířka potoka dosahuje 3 m. Substrát dna je tvořen štěrkopískovým materiálem a jemným naplaveným sedimentem. Úkrytová místa lze nalézt pouze v rozpadající se regulaci.

V profilu Luh je koryto převážně přirozeného charakteru. Substrát dna je písčitý až štěrkovitý, místy jsou přítomny větší kameny.

4.2 Metody sběru dat

Terénní průzkum za účelem zjištění druhového složení a základních populačních charakteristik rybích společenstev toků obývaných rakem kamenáčem se uskutečnil v červnu 2016 v období po vylíhnutí ráčat. Laboratorní práce, tj. pitva zakonzervovaného materiálu a následně rozbor potravy byly provedeny v letech 2016 a 2017.

4.2.1 **Lov ryb elektrickým agregátem**

Za účelem zjištění druhového složení sledovaných lokalit byla použita metoda jednoprůchodového kontinuálního elektrolovu (Goffaux a kol., 2005). K odlovu byl použit bateriový agregát typu LENA s hodnotou výstupního napětí 240-310 V. Lov byl prováděn procházením profilu proti proudu toku, lovné profily nebyly hrazeny sítěmi ani jinými dočasnými migračními bariérami. Na každém profilu byl v celé šířce jednorázově proloven úsek v délce 100 m.

Obsluha elektrického agregátu byla vždy zajištěna osobou k tomu proškolenou, počet členů dolovovací skupiny (1 – 3 osoby) byl na každé lokalitě upraven s ohledem na co nejmenší poškození biotopu.

Ulovené ryby byly po nezbytně dlouhou dobu (max. 30 minut) uloženy do nádob s vodou. Na 5 tocích v Plzeňském kraji byla se souhlasem ZÚS ČRS část ryb odebrána k analýze potravy. Dále byly v rámci probíhajícího výzkumu VÚVTGM odebrány ryby na Stroupínském a Zákolanském potoce. Ostatní ulovené ryby byly po determinaci a změření délky vypuštěny zpět do toku.

4.2.2 **Odběr vzorků na potravní analýzu**

Vzorky ryb k analýze potravy byly odebrány ze 7 toků (viz tab. 1). Limitujícím faktorem pro odběr ryb k analýze byl souhlas správce toku s odběrem ryb a jejich usmrcením. Druhy byly vybrány na základě potenciálu k predaci raka kamenáče (viz literární přehled, kapitola 3.4). V rámci zajištění odběru reprezentativního vzorku ryb byly vybrány druhy ulovené s větší početností na více než jedné lokalitě. Celkem bylo analyzováno 9 druhů ryb (viz tab. 1).

toky	Padrťský potok	Mítovský potok	Přešínský potok	Zákolanský potok	Stroupínský potok	Bradava	Bojovka
druhy ryb							
kapr obecný				9		3	
vranka obecná	11	3					
hrouzek obecný				8			
mník jednovousý		5				3	
okoun říční	18			2		4	
plotice obecná	10			3		6	
jelec tloušť					10	3	
pstruh obecný	9	5	2			7	3
mřenka mramorovaná			10	2		2	

Tab. 1: Seznam lokalit a odebraných druhů ryb k analýze potravy

Ryby byly usmrceny a fixovány ve 4 % formaldehydu. U každého jedince byla zaznamenána délka těla v mm (SL), měřená od konce rypce po konec ocasního násadce a hmotnost (W) v g. Dále byla provedena pitva, při níž došlo k vyjmutí trávicího traktu. U každé ryby byla zjištěna hmotnost odebraného trávicího traktu (včetně obsahu) a hmotnost trávicího traktu po odstranění obsahu. Zjištěné hodnoty byly následně použity k výpočtu hmotnosti potravy v trávicím traktu (W_z). Obsah trávicího traktu byl převeden do 85 % etanolu, z důvodu bezpečnosti práce (formaldehyd je vysoce toxický).

Při analýze potravy byl kvantitativně zhodnocen obsah celého trávicího traktu. Byl použit následující postup:

1. Fixovaná potrava (z jednoho jedince) byla umístěna do 85 % etanolu na Petriho misku o průměru 180 mm.
2. Pod binokulární lupou (Intraco Micro STM 721, zvětšení 4-10×) byly jednotlivé potravní částice rozděleny do základních potravních skupin (rostlinné zbytky, detrit a případně neurčitelná natrávená potrava, jednotlivé skupiny makrooobentosu – druhy, rody nebo čeledi, dle zachovalosti jednotlivých potravních částic, a raci). Po rozdělení na tyto skupiny byl proveden kvalifikovaný odhad objemového množství jednotlivých skupin.

3. Determinace raka kamenáče v potravě byla provedena na základě přítomnosti typických zbytků raků (přítomnost celých částí těla nebo jejich fragmentů - karapaxu, končetin, telsonů, tykadel, atd.)
4. K bližší determinaci potravních částic z takto vyselektovaných skupin, především ze skupiny makrozoobentosu, byl použit optický mikroskop (IntracoMicro, LM 666, zvětšení 40-100×). Determinace larev hmyzu probíhala podle klíče Rozkošný a kol. (1980), ostatní potravní částice byly determinovány na základě konzultací (Vlach, ústní sdělení).
5. V rámci determinace živočišných složek potravy byla snaha o rozlišení až na úroveň druhu, což s ohledem na stupeň natrávení nebylo vždy možné. Determinace proto probíhala na co nejnižší taxonomickou jednotku. V případě nemožnosti bližší determinace byly částice zařazeny do kategorií blíže neurčené larvy vodního hmyzu/blíže neurčený náletový hmyz. Pro vizualizaci výsledků byl použit souhrnný graf se zastoupením jednotlivých potravních složek. Vodní larvy hmyzu jsou zde prezentovány samostatně po řádech, náletový hmyz je uveden jako souhrnná kategorie bez bližší determinace. U popisu potravy jednotlivých druhů ryb jsou pak v rámci čeledí vyjmenovány blíže určené druhy či rody. Druhy rodu *Gerris* sp. a *Notonecta* sp. byly ve výsledcích pro přehlednost grafů zahrnuty do kategorie náletový hmyz.
6. Počet jednotlivých druhů nebo vyšších taxonů makrozoobentosu byl stanoven v kusech. Přepočet počtu makrozoobentosu v potravě na objem byl proveden s použitím koeficientů pro jednotlivé druhy (skupiny) uvedených v práci Vlacha (2005).
7. V případě raka kamenáče jako stěžejního druhu byl proveden kvalifikovaný odhad objemu i záznam počtu jedinců (na základě analýzy všech zbytků raka v zažívadlech, tj. na základě počtu tykadel, končetin, atd.).

4.2.3 **Odchyt raka kamenáče, zjištění populačních charakteristik**

Data ze zájmových lokalit použitá k vyhodnocení vztahu vybraných parametrů ichtyocenóz a populací raka kamenáče byla poskytnuta konzultantem této práce RNDr. Pavlem Vlachem, Ph.D., který je hlavním mapovatelem populací raka kamenáče v ČR. Poskytnuté údaje zahrnovaly informace o abundanci raka kamenáče na lokalitách a údaje o délce odchytnutých jedinců za rok 2016 (Vlach, 2016; Vlach, dosud nepublikováno).

4.3 Metody vyhodnocení dat

Data získaná během ichtyologického průzkumu byla převedena do programu Microsoft Excel, kde byla použita k výpočtu jednotlivých **parametrů ichtyocenóz**. Na základě terénních údajů o počtu ulovených ryb byl pro každý druh na dané lokalitě proveden odhad početnosti na jednotku plochy (A = ks.ha^{-1}). Výsledné hodnoty byly zaokrouhleny na celá čísla, v případě hodnot nižších než 10 na jedno desetinné místo.

Z odhadu abundance vychází výpočet dominance: $D = \frac{Ni}{N} \times 100$; kde *N* odpovídá celkovému počtu jedinců v ichtyocenóze a *Ni* početnosti druhu *i*.

Pro jednotlivé druhy ryb byla stanovena frekvence jejich výskytu $F = \frac{ni}{n} \times 100$; kde *n* udává celkový počet lokalit a *ni* počet lokalit, na který se vyskytoval druh *i*.

Následně byl vypočten index diverzity podle Shannona a Weavera: $H' = -\sum_{i=1}^{n}(\frac{Ni}{N} \times \ln(\frac{Ni}{N}))$; kde*N* značí celkový počet jedinců společenstva, *Ni* je početnost druhu *i* a *n* označuje počet druhů ve společenstvu.

Hodnota indexu diverzity byla dále použita pro výpočet indexu ekvitability: $E = \frac{H'}{Hmax}$; kde *H´* je index diverzity a H_{max} značí maximální index diverzity ($H_{max} = \ln(n)$). Hodnoty indexů byly zaokrouhleny na 3 desetinná místa. Do výpočtů nebyla zahrnuta mihule potoční.

Pro výpočet indexu naplnění zažívadel, který Pivnička (1989) definuje jako poměr hmotnosti obsahu zažívadel a hmotnosti těla ryby, bylo použito následujícího vzorce:

$I_n = \frac{W}{Wz} \times 100$; kde W značí celkovou hmotnost ryby a W_z hmotnost potravy v trávicím traktu ryby.

Dále byl hodnocen **vztah mezi abundancí raka kamenáče a průměrnou délkou raka kamenáče na lokalitě a vybranými parametry ichtyocenóz.** Použita byla hodnota abundance za rok 2016. Testovány byly následující parametry: počet druhů ryb v ichtyocenóze, celková početnost ichtyocenózy (ks.ha^{-1}), početnost pstruha (ks.ha^{-1}) a podíl pstruha na celkové početnosti ichtyocenózy. Populační charakteristiky pstruha byly vybrány při zohlednění významného potenciálu tohoto druhu k predaci raků, který zmiňují někteří autoři (Reynolds, 2011; Olsson, 2005) a také faktu, že pstruh byl na řadě toků dominantní složkou ichtyofouny.

Výpočet průměrné délky raka vycházel ze záznamového formuláře z monitoringu raka kamenáče za rok 2016, kde byli raci rozčleněni do 5 velikostních kategorií: kategorie do 15 mm; 15,1-30 mm; 30,1-60 mm; 60,1-90 mm; 90,1 mm a více. K výpočtu váženého průměru byly použity střední hodnoty intervalů, tj. 25, 45, 75 a 95 mm. Vztahy byly hodnoceny prostřednictvím lineární regrese, testu významnosti determinačního koeficientu (R^2) a t-testu. Statistické analýzy byly provedeny v programu NCSS 9. Test byl prováděn na 5% hladině významnosti.

5 Výsledky

5.1 Výsledky ichtyologického průzkumu

V rámci ichtyologického průzkumu 29 profilů uskutečněném na 14 tocích bylo determinováno 16 druhů ryb: úhoř říční (*Anguilla anguilla*), pstruh obecný (*Salmo trutta*), štika obecná (*Esox lucius*), jelec tloušť (*Squalius cephalus*), jelec proudník (*Leuciscus leuciscus*), plotice obecná (*Rutilus rutilus*), perlín ostrobřichý (*Scardinius erythrophthalmus*), kapr obecný (*Cyprinus carpio*), hrouzek obecný (*Gobio gobio*), střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*), střevlička východní (*Pseudorasbora parva*), parma obecná (*Barbus barbus*), mřenka mramorovaná (*Barbatula barbatula*), mník jednovousý (*Lota lota*), okoun říční (*Perca fluviatilis*) a vranka obecná (*Cottus gobio*). Prokázána byla i přítomnost mihule potoční (*Lampetra planeri*).

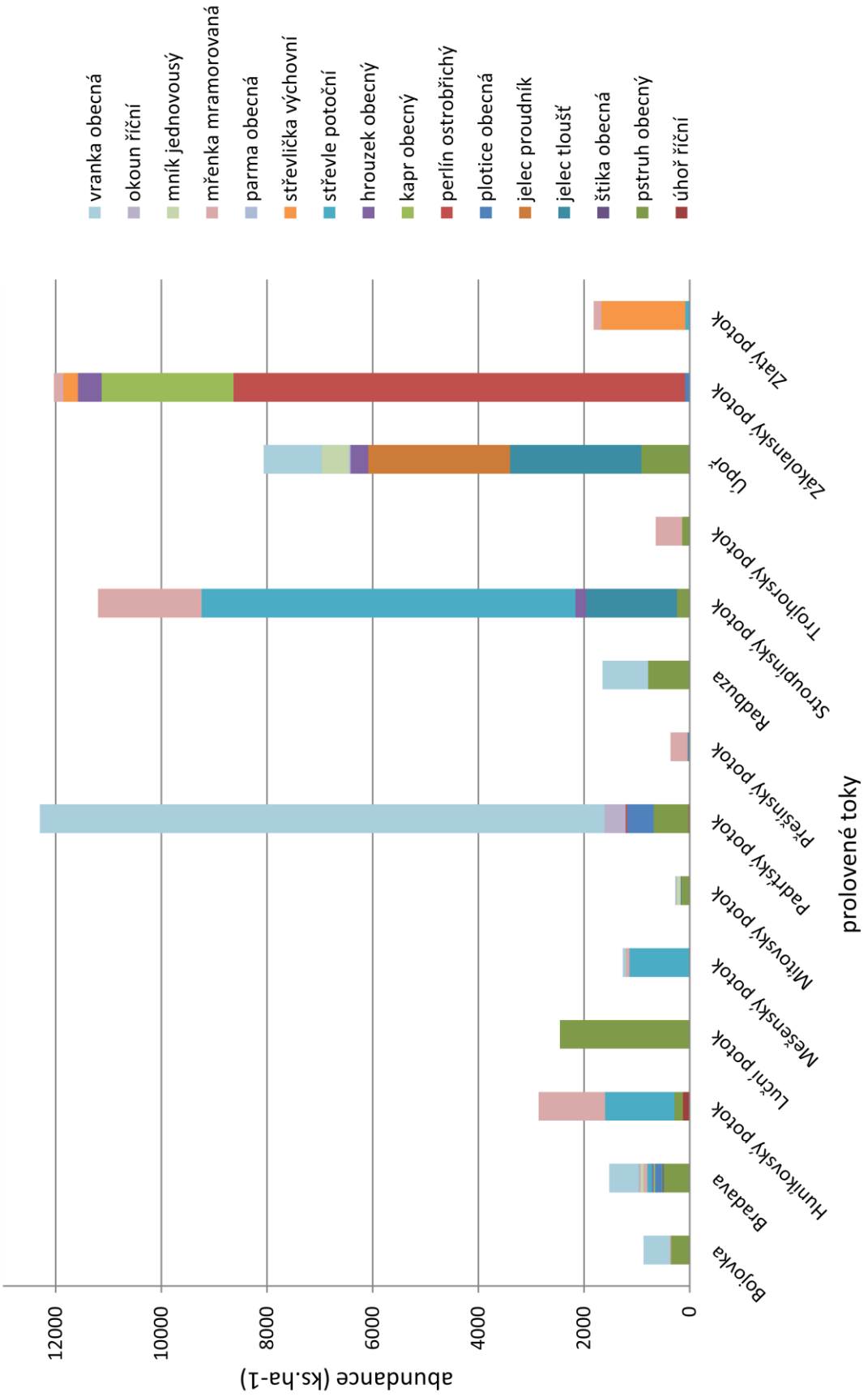
Nejpočetnějším druhem byla v rámci prolovených toků vranka, která tvořila téměř 26 % veškeré abundance. K početným druhům patřil dále perlín, pstruh a střevle. Méně než 1 % se na celkové abundanci podílela štika, parma, úhoř a okoun. Nejvyšší frekvence výskytu byla prokázána u pstruha, který byl zaznamenán na 8 tocích. Pouze na jedné lokalitě byla zaznamenána štika. Ojedinělý byl i výskyt úhoře, jelce proudníka, kapra a parmy, které se podařilo determinovat na 2 tocích. Údaje o dominanci druhů na jednotlivých tocích a frekvenci jejich výskytu jsou uvedeny v tab. 2.

Počet druhů zaznamenaných na jednotlivých tocích se lišil. Druhově nejbohatší ichtyocenóza s dvanácti druhy ryb byla zaznamenána na Bradavě. Naopak na Lučním potoce byla prokázána přítomnost pouze jednoho druhu ryby, a to pstruha. Nejpočetnější společenstva, kde počet jedinců přesáhl 1000 ks.ha^{-1}, byla zaznamenána na Padrťském, Zákolanském a Stroupínském potoce (viz obr. 2).

Profil	Bojovka	Bradava	Hunikovský potok	Luční potok	Mešenský potok	Mítovský potok	Padrťský potok	Přešínský potok	Radbuza	Stroupínský potok	Trojhorský potok	Úpoř	Zákolanský potok	Zlatý potok	CELKEM	CELKEM
Druh	**DOMINANCE**															**FREKVENCE**
úhoř říční			4,4				0,2								0,3	13,3
pstruh obecný	40,5	32,1	5,8	100,0		58,3	5,3	5,6	47,5	2,1	21,9	11,3			12,3	53,3
štika obecná		0,6													0,0	6,7
jelec tloušť		1,8								15,4		30,8			8,2	20,0
jelec proudník		0,4										33,3			7,1	13,3
plotice obecná		7,9				4,6	4,1	5,6					0,7		1,4	33,3
perlín ostrobřichý							0,2						71,0		15,2	20,0
kapr obecný		1,8											20,8		4,5	13,3
hrouzek obecný		1,8								1,8		4,1	3,7		1,9	26,7
střevle potoční		6,1	45,8		89,9					63,2				4,6	11,0	26,7
střevlička východní													2,3	87,1	3,3	20,0
parma obecná												0,3			0,1	13,3
mřenka mramorovaná	2,3	4,8	44,1		5,4			88,9		17,5	78,1		1,5	8,3	6,4	46,7
mník jednovousý		3,5				27,8						6,4			1,6	20,0
okoun říční		2,6				4,6	3,3								0,8	20,0
vranka obecná	57,2	36,7			4,7	4,6	86,9		52,5			13,7			25,9	40,0

>10 %	eudominantní druh	5-10 %	dominantní druh	2-5 %	subdominantí druh	1-2 %	recedentní druh	<1 %	subrecedentní druh

Tab. 2: Tabulka zahrnující údaje o zastoupení jednotlivých druhů ryb, frekvenci jejich výskytu a dominanci. Data jsou prezentována souhrnně po tocích.



Obr. 2: Graf znázorňující zastoupení jednotlivých druhů ryb. Data jsou prezentována souhrnně po tocích.

5.1.1 **Bojovka**

Ve dvou prolovených profilech toku Bojovka byly determinovány tři druhy ryb. Oba profily se vyznačují nízkými indexy diverzity i ekvitability (viz tab. 3).

Profil u Těnovic byl zastoupen dvěma duhy ryb – pstruhem s abundancí 640 ks.ha^{-1} (94%) a mřenkou (A = 40 ks.ha^{-1}). Hlavní složku ichtyocenózy profilu Číčov tvořila vranka s téměř 94% abundance (A = 1000 ks.ha^{-1}). V menší míře zde byl zastoupen také pstruh.

Profil	**I. Číčov**	**II. Těnovice**	**Průměr**
Druh	**A (ks.ha-1)**		
pstruh obecný	67	640	354
mřenka mramorovaná		40	20
vranka obecná	1000		500
Celkem	1067	680	874
N	2	2	3
H´	0,235	0,224	0,772
E	0,338	0,323	0,703

Tab. 3: Druhy zaznamenané v rámci ichtyologického průzkumu Bojovky s uvedením početnosti a indexů diverzity/ekvitability daných lokalit.

5.1.2 **Bradava**

Na dvou profilech Bradavy byla prokázána přítomnost dvanácti druhů ryb, a to: pstruha obecného, štiky obecné, jelce tlouště, jelce proudníka, plotice obecné, kapra obecného, hrouzka obecného, střevle potoční, mřenky mramorované, mníka jednovousého, okouna říčního a vranky obecné. Informace o početnostech ulovených druhů ryb jsou uvedeny v tab. 4.

Ichtyofauna profilu Borovno byla tvořena čtyřmi druhy ryb (H´= 0,806). Převládajícím druhem ichtyofauny byla vranka s abundancí 1657 ks.ha^{-1} a pstruh s A = 380 ks.ha^{-1}. Zbývající 3 % ulovených ryb tvořily štika a mřenka. Nerovnoměrnému zastoupení druhů odpovídá index ekvitability (E = 0,581).

K eudominantním druhům společenstva profilu v Hořehledech patří pstruh s celkovou abundancí 380 ks.ha^{-1}, plotice spočetností 360 ks.ha^{-1} a střevle s abundancí 280 ks.ha^{-1}. Dominantními druhy zde byly okoun, mník a mřenka. Méně než 5 % byly zastoupeny druhy: jelec tloušť, jelec proudník, kapr, hrouzek a vranka. Profil se vyznačuje vysokou druhovou diverzitou (H´= 2,103) i vyrovnaným zastoupením druhů společenstva (E = 0,877).

Přítomnost ryb na profilu Bílý potok nebyla prokázána.

Profil	I. Bílý potok	II. Borovno	III. Hořehledy	Průměr
Druh	**A (ks.ha^{-1})**			
pstruh obecný		1086	380	489
štika obecná		29		10
jelec tloušť			80	27
jelec proudník			20	7
plotice obecná			360	120
kapr obecný			80	27
hrouzek obecný			80	27
střevle potoční			280	93
mřenka mramorovaná		57	160	72
mník jednovousý			160	53
okoun říční			120	40
vranka obecná		1657	20	559
Celkem		2829	1740	1523
N	-	4	11	12
H´	-	0,806	2,103	1,730
E	-	0,581	0,877	0,696

Tab. 4: Početnost druhů ryb zaznamenaných na Bradavě, indexy diverzity a ekvitability prolovených profilů

5.1.3 **Huníkovský potok**

Ichtyocenóza Huníkovského potoka byla na profilu Huníkov tvořena třemi druhy ryb. Index diverzity dosáhl hodnoty 0,778; E = 0,708. Ze 72 % se na složení společenstva podílela mřenka s abundancí 520 ks.ha^{-1}. Druhým nejpočetnějším druhem byla střevle s A = 120 ks.ha^{-1}. Pstruh se vyskytoval s abundancí 80 ks.ha^{-1} a tvořil tak 11 % celkového úlovku. S malou početností se zde vyskytovala také mihule potoční (viz tab. 5).

Druhově bohatší byl profil v lokalitě Kerhartice (H´=1,013; E = 0,730), kde byly zaznamenány 4 druhy ryb. Hojně zastoupenými druhy byla střevle (2500 ks.ha^{-1}) a mřenka (A = 2000 ks.ha^{-1}). Oproti prvnímu profilu zde byla zaznamenána přítomnost úhoře (A = 250 ks.ha^{-1}), se stejnou početností se zde vyskytoval i pstruh. Prokázána byla i přítomnost mihule potoční.

Profil	I. Huníkov	II. Kerhartice	Průměr
Druh	**A (ks.ha-1)**		
mihule	0,5	7,3	3,9
úhoř říční		250	125
pstruh obecný	80	250	165
střevle potoční	120	2500	1310
mřenka mramorovaná	520	2000	1260
Celkem	721	5007	2860
N	3	4	4
H´	0,778	1,013	1,020
E	0,708	0,73	0,736

Tab. 5: Druhové složení ichtyofauny Huníkovského potoka s uvedením indexů diverzity, ekvitability a početnosti prolovených profilů

5.1.4 Luční potok

Na dvou profilech Lučního potoka byla zaznamenána přítomnost pouze jednoho druhu ryby. Jedinou složku ichtyocenózy tvořil s průměrnou abundancí 2456 ks.ha^{-1} pstruh. Na obou profilech byla zaznamenána také přítomnost mihule potoční, která se zde vyskytovala s průměrnou abundancí 1,3 ks.ha^{-1} (viz tab. 6).

Profil	I. Rudník	II. Mostek	Průměr
Druh	**A (ks.ha-1)**		
mihule	1	1,5	1,25
pstruh obecný	2545	2364	2455
Celkem	2546	2366	2456
N	1	1	1
H´	-	-	-
E	-	-	-

Tab. 6: Druhové složení ichtyocenózy na Lučním potoce

5.1.5 Mešenský potok

Na dvou profilech Mešenského potoka byly determinovány celkem tři druhy ryb. Lokalitou s vyrovnanějším zastoupením ulovených druhů ryb byl profil u Příkosic (E = 0,629; H´= 0,436). Zde byla zastoupena střevle s A = 640 ks.ha^{-1} a vranka s početností 120 ks.ha^{-1}.

Nižší index diverzity (H´= 0,271) i ekvitability (E = 0,391) byl zaznamenán na profilu Vísky. Převážnou část ichtyocenózy zde tvořila střevle se zastoupením 92% celkové abundance (1636 ks.ha^{-1}). Dále byla determinována mřenka (viz tab. 7).

Profil	I. Příkosice	II. Vísky	Průměr
Druh	**A (ks.ha-1)**		
střevle potoční	640	1636	1138
mřenka mramorovaná		136	68
vranka obecná	120		60
Celkem	760	1772	1266
N	2	2	3
H´	0,436	0,271	0,397
E	0,629	0,391	0,362

Tab. 7: Druhové složení a abundance ichtyocenózy Mešenského potoka s uvedením indexů diverzity a ekvitability

5.1.6 **Mítovský potok**

Na dvou sledovaných profilech Mítovského potoka bylo determinováno 5 druhů ryb. Na profilu Mítov byl nejhojnějším druhem pstruh s relativní početností 275 ks.ha^{-1} (55 %). Mník tvořil 30% všech ulovených ryb (A = 150 ks.ha^{-1}). K druhové diverzitě H´= 1,139 přispěla 5 % plotice, okoun a vranka, index ekvitability dosáhl hodnoty 0,708.

Na profilu Drahota byl prokázán pouze jeden druh ryby. Pstruh se zde vyskytoval s abundancí 40 ks.ha^{-1} (viz tab. 8).

Profil	I. Drahota	II. Mítov	Průměr
Druh	**A (ks.ha-1)**		
pstruh obecný	40	275	158
plotice obecná		25	13
mník jednovousý		150	75
okoun říční		25	13
vranka obecná		25	13
Celkem	40	500	270
N	1	5	5
H´	-	1,139	1,097
E	-	0,708	0,682

Tab. 8: Abundance druhů ryb zaznamenaných na Mítovském potoce, indexy diverzity a ekvitability zaznamenaných ichtyocenóz

5.1.7 **Padrťský potok**

V rámci ichtyologického průzkumu Padrťského potoka bylo zjištěno celkem 6 druhů ryb. Téměř 90 % veškerých ulovených ryb na profilu Pod mostem tvořila vranka (A = 19000 ks.ha^{-1}). Dále zde byla prokázána přítomnost pstruha, plotice, perlína a okouna. O nerovnoměrném zastoupení jednotlivých druhů ryb vypovídá nízký index ekvitability (E = 0,282; H´=0,453).

Na profilu Tři trubky byly determinovány čtyři druhy ryb. Eudominantním druhem zde byla opět vranka (A = 2375 ks.ha^{-1}). Společenstvo dále tvořil úhoř, pstruh a okoun. Indexy diverzity a ekvitability jednotlivých profilů a početnost ulovených druhů jsou zaznamenány v tab. 9.

Profil	**I. Pod mostem**	**II. Tři trubky**	**Průměr**
Druh	**A (ks.ha-1)**		
úhoř říční		50	25
pstruh obecný	389	925	657
plotice obecná	1000		500
perlín ostrobřichý	56		28
okoun říční	778	25	402
vranka obecná	19000	2375	10688
Celkem	21223	3375	12299
N	5	4	6
H´	0,453	0,7	0,547
E	0,282	0,505	0,305

Tab. 9: Základní charakteristiky ichtyocenóz Padrťského potoka

5.1.8 **Přešínský potok**

Přešínský potok byl proloven na dvou profilech, přítomnost ryb byla prokázána pouze na profilu Žďár (viz tab. 10). Společenstvo zde tvořily tři druhy ryb. Z celkového počtu ulovených a determinovaných ryb tvořila mřenka 89 % (A = 640 ks.ha^{-1}). Na složení společenstva se z 5 % podílela plotice a pstruh (oba s abundancí 40 ks.ha^{-1}). Nízkému počtu druhů i jejich nerovnoměrnému zastoupení odpovídají indexy diverzity i ekvitability (H´= 0,426, E = 0, 388).

Profil	**I. Ždár**	**II. Louňová**	**Průměr**
Druh	**A (ks.ha-1)**		
pstruh obecný	40		20
plotice obecná	40		20
mřenka mramorovaná	640		320
Celkem	720		360
N	3	-	3
H´	0,426	-	0,426
E	0,388	-	0,388

Tab. 10: Přehled druhů a abundance ryb zaznamenaných na Přešínském potoce, indexy diverzity a ekvitability zaznamenaných společenstev

5.1.9 **Radbuza**

V rámci ichtyologického průzkumu řeky Radbuzy byla prokázána přítomnost dvou druhů ryb (viz tab. 11).

V lokalitě Mostek se vyskytoval pstruh s A = 900 ks.ha^{-1} a vranka s početností 333 ks.ha^{-1}. S nízkou abundancí byla determinována také mihule potoční.

Druhové složení ichtyocenózy v lokalitě Rybník bylo totožné, lišila se pouze početnost daných druhů ryb. Vranka zde tvořila téměř 68 % z celkového úlovku (A = 1400 ks.ha^{-1}), pstruh se vyskytoval s početností 667 ks.ha^{-1}.

Profil	**I. Mostek**	**II. Rybník**	**Průměr**
Druh	**A (ks.ha-1)**		
pstruh obecný	900	667	784
vranka obecná	333	1400	867
Celkem	1233	2067	1650
N	2	2	2
H´	0,583	0,629	0,692
E	0,842	0,907	0,998

Tab. 11: Parametry ichtyocenóz řeky Radbuzy, přehled ulovených druhů a jejich abundance

5.1.10 **Stroupínský potok**

Ichtyofauna Stroupínského potoka byla zastoupena pěti druhy ryb. Nejhojněji zastoupeným druhem byla střevle, která tvořila 63 % všech ulovených ryb (A = 7080 ks.ha^{-1}). K eudominantním druhům dále patřila mřenka (18%) a jelec tloušť (15%). Pstruh a hrouzek se na skladbě společenstva podíleli 4% (abundance druhů viz tab. 12).

Profil	**Stroupínský**
Druh	**A (ks.ha-1)**
pstruh obecný	240
jelec tloušť	1720
hrouzek obecný	200
střevle potoční	7080
mřenka mramorovaná	1960
Celkem	11200
N	5
H´	1,037
E	0,644

Tab. 12: Parametry ichtyocenózy Stroupínského potoka

5.1.11 **Trojhorský potok**

Rybí společenstvo Trojhorského potoka bylo tvořeno dvěma druhy ryb. Společenstvo ze 78 % tvořila mřenka, dále byl s nižší početností zastoupen pstruh (viz tab. 13). Na přítoku Trojhorského potoka (profil I.) nebyla přítomnost ryb prokázána. S pouhými dvěma prokázanými druhy ryb a indexem diverzity H´= 0,525 patří Trojhorský potok k tokům s nízkou druhovou diverzitou.

Profil	**I. přítok Trojhorského potoka**	**II. Trojhorský potok**	**Průměr**
Druh	**A (ks.ha-1)**		
pstruh obecný		280	140
mřenka mramorovaná		1000	500
Celkem		1280	640
N	-	2	2
H´	-	0,525	0,525
E	-	0,758	0,758

Tab. 13: Základní populační charakteristiky ichtyocenózy Trojhorského potoka s uvedením indexů diverzity a ekvitability

5.1.12 **Úpoř**

V rámci průzkumu Úpořského potoka bylo na třech profilech uloveno celkem 7 druhů ryb. S indexem diverzity 1,575 patří Úpoř k druhově nejbohatším proloveným tokům. Největší počet druhů byl zaznamenán na I. profilu. S abundancí 7333 ks.ha^{-1} (44 %) zde výrazně dominoval jelec proudník a jelec tloušť (A = 6083 ks.ha^{-1}). 7,5 % celkové abundance tvořil mník jednovousý (A = 1250 ks.ha^{-1}). Ichtyocenózu dále doplňoval hrouzek obecný (A=1000 ks.ha^{-1}), pstruh obecný (A=500 ks.ha^{-1}), vranka obecná (A=250 ks.ha^{-1}) a parma obecná (A=83 ks.ha^{-1}).

Druhému profilu dominovala vranka obecná s celkovou početností 1700 ks.ha^{-1} (28 %). Druhým nejpočetnějším druhem byl pstruh obecný s A = 800 ks.ha^{-1}. Společenstvo dále doplňoval mník jednovousý (ks.ha^{-1}) a jelec tloušť (ks.ha^{-1}).

Nejvyrovnanější zastoupení ulovených druhů vykazoval třetí profil. Na složení ichtyocenózy se zde podílel pstruh obecný (1440 ks.ha^{-1}), vranka obecná (1360 ks.ha^{-1}), jelec tloušť (1280 ks.ha^{-1}) a jelec proudník (720 ks.ha^{-1}).

Údaje o abundanci ulovených druhů ryb a hodnoty indexů diverzity a ekvitability jednotlivých profilů jsou zaznamenány v tab. 14.

Profil	I.	II.	III.	Průměr
Druh	**A (ks.ha-1)**			
pstruh obecný	500	800	1440	913
jelec tloušť	6083	100	1280	2488
jelec proudník	7333		720	2684
hrouzek obecný	1000			333
parma obecná	83			28
mník jednovousý	1250	300		517
vranka obecná	250	1700	1360	1103
Celkem	16499	2900	4800	8066
N	7	4	4	7
H´	1,29	1,019	1,356	1,575
E	0,663	0,735	0,978	0,809

Tab. 14: Parametry ichtyocenóz Úpořského potoka

5.1.13 **Zákolanský potok**

Na lokalitě Běloky byla prokázána přítomnost hrouzka, který tvořil přes dvě třetiny celkového úlovku (A = 166 ks.ha^{-1}). S abundancí 83 ks.ha^{-1}se na lokalitě dále vyskytovala plotice.

Profil Středokluky byl s šesti ulovenými druhy a H´= 0,844 druhově bohatší. Vzhledem k vysoké početnosti perlína (A = 17090 ks.ha^{-1}), který tvořil 72 % celkové abundance, se jedná o nepříliš vyrovnané společenstvo (E = 0,471). Dalším hojně zastoupeným druhem je zde kapr s abundancí 20 % (A = 5000 ks.ha^{-1}). Ichtyocenózu daného profilu dále dotváří plotice, hrouzek, nepůvodní střevlička východní a mřenka (viz tab. 15).

Profil	I. Běloky	II. Středokluky	Průměr
Druh	**A (ks.ha-1)**		
plotice obecná	83	91	87
perlín ostrobřichý		17090	8545
kapr obecný		5000	2500
hrouzek obecný	166	727	447
střevlička východní		545	273
mřenka mramorovaná		364	182
Celkem	249	23817	12033
N	2	6	6
H´	0,637	0,844	0,877
E	0,918	0,471	0,489

Tab. 15: Ichtyocenózy zaznamenané na Zákolanském potoce s uvedením početnosti druhů, indexů diverzity a ekvitability

5.1.14 **Zlatý potok**

V lokalitě Horšice byl zaznamenán pouze jeden druh ryby (viz tab. 16). Mřenka se zde vyskytovala s abundancí 200 ks.ha^{-1}. Ani druhý profil v lokalitě Luh neoplýval druhovým bohatstvím. Se třemi zaznamenanými druhy ryb zde index diverzity dosáhl hodnoty 0,324. Eudominantním druhem s početností 3167 ks.ha^{-1} (87 %) zde byla invazivní střevlička. S nižší abundancí se zde vyskytovala střevle (A = 167 ks.ha^{-1}) a mřenka (A = 100 ks.ha^{-1}).

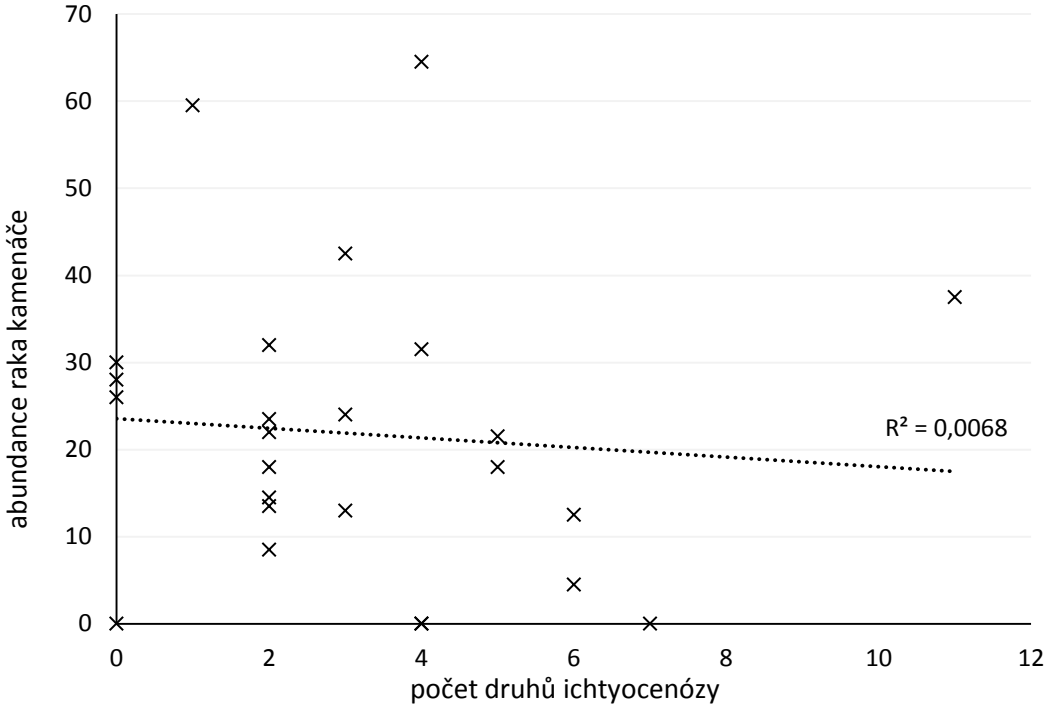
Profil	**I. Luh**	**II. Horšice**	**Průměr**
Druh	**A (ks.ha-1)**		
střevle potoční	167		84
střevlička východní	3167		1584
mřenka mramorovaná	100	200	150
Celkem	3434	200	1817
N	3	1	3
H´	0,324	-	0,467
E	0,295	-	0,425

Tab. 16: Parametry ichtyocenóz zaznamenaných na Zlatém potoce

5.2 Vztah mezi vybranými charakteristikami ichtyocenóz, početností populací raka kamenáče a průměrnou délkou raka na lokalitě

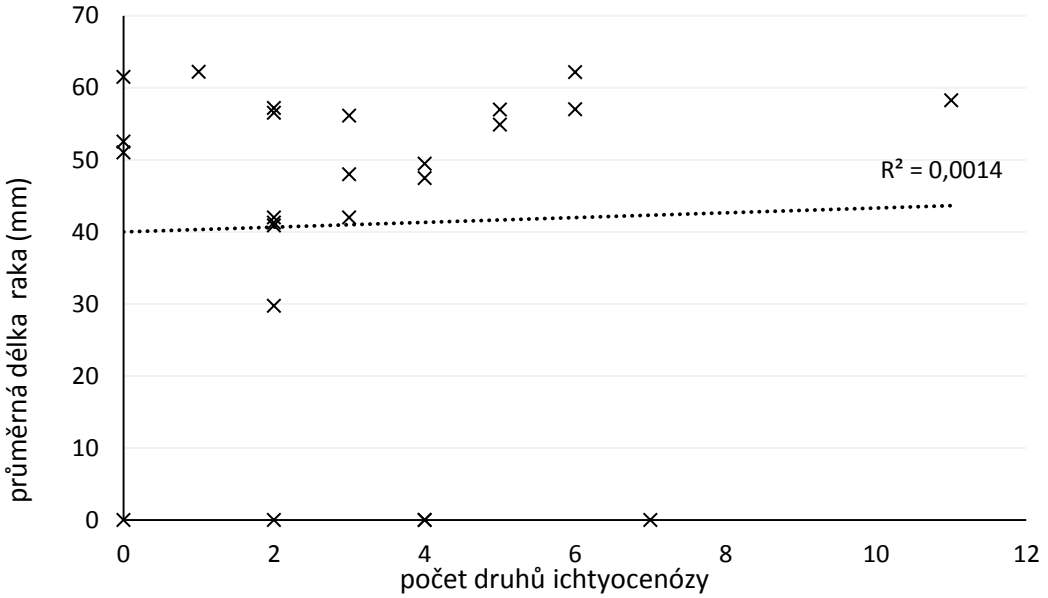
5.2.1 **Počet druhů v ichtyocenóze**

V rámci vybraných populačních charakteristik byl testován vztah mezi počtem druhů v ichtyocenóze a **početností populace raka kamenáče**. Na základě výsledných hodnot koeficientů (R^2 = 0,0068; R = - 0,0826; t = - 0,398; p = 0,6945) lze konstatovat, že nebyla prokázána závislost abundance raka kamenáče na počtu druhů v ichtyocenóze (viz obr. 3).



Obr. 3: Vztah mezi počtem druhů v ichtyocenóze a abundancí raka kamenáče

Hodnocen byl déle vztah mezi počtem druhů v ichtyocenóze a **průměrnou délkou raka kamenáče na lokalitě** (obr. 4). Ani v tomto případě nebyla mezi hodnocenými parametry prokázána závislost (R^2 = 0,0014; R = 0,0377; t = 0,1808; p = 0,8581).

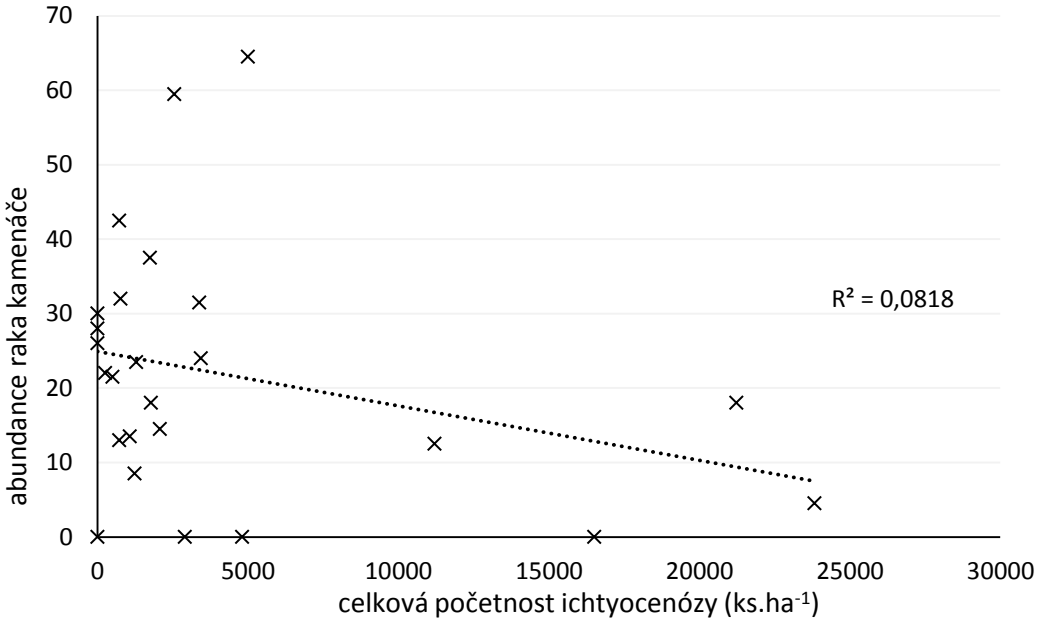


Obr. 4: Vztah mezi počtem druhů v ichtyocenóze a průměrnou délkou raka kamenáče (mm)

5.2.2 **Celková abundance ichtyocenózy**

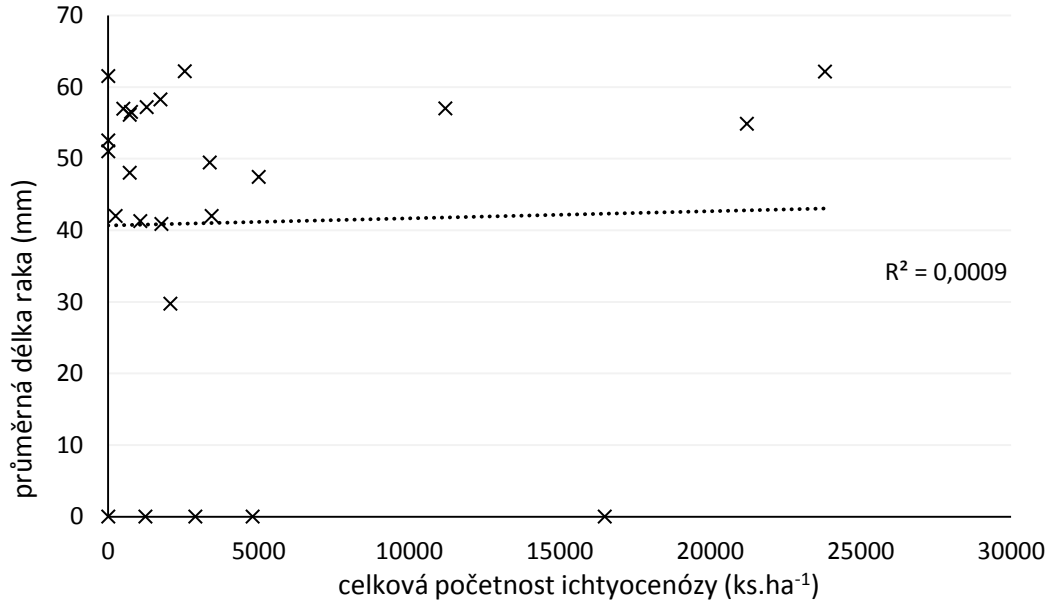
Dalším hodnoceným kritériem byla celková početnost ichtyocenózy (ks.ha^{-1}) a její vztah s **abundancí raka kamenáče** (obr. 5). Testovaná závislost vykazuje nízký

korelační koeficient (R = - 0,286) i nízký podíl vysvětlené variability (R^2 = 0,0818). Mezi hodnocenými parametry nebyl zjištěn vztah (t = - 1,431; p = 0,1658).



Obr. 5: Vztah mezi celkovou abundancí ichtyocenózy (ks.ha^{-1}) a abundancí raka kamenáče

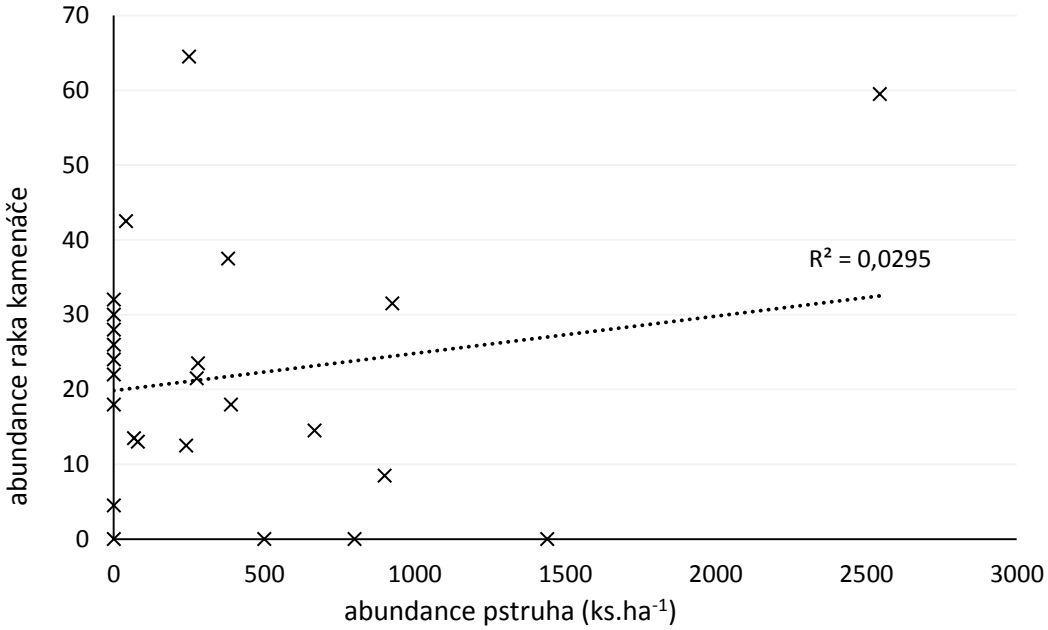
Hodnocena byla dále závislost **průměrné délky raka** (mm) na celkové početnosti ichtyocenózy (obr. 6). Závislost mezi výše uvedenými parametry nebyla prokázána (R^2 = 0,0009; R = 0,0301; t = 0,1442; p = 0,8866).



Obr. 6: Vztah mezi početností ichtyocenózy (ks.ha^{-1}) a průměrnou délkou raka (mm) na lokalitě

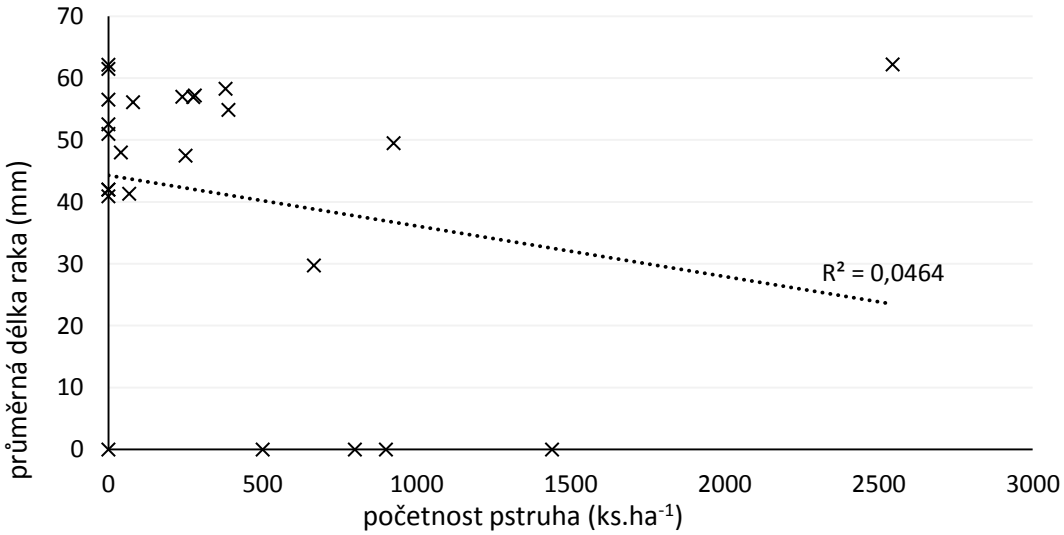
5.2.3 **Početnost pstruha**

Dále byl hodnocen vztah mezi početností pstruha (ks.ha^{-1}) a **abundancí raka kamenáče**. Vzájemná souvislost mezi abundancí pstruha a početností raka kamenáče na lokalitě nebyla prokázána (R=0.172; R^2=0.0295; t= 0,836; p = 0,4118). Výše popsaná skutečnost je patrná z přiloženého grafu (obr. 7).



Obr. 7: Vztah mezi abundancí pstruha (ks.ha^{-1}) a abundancí raka kamenáče

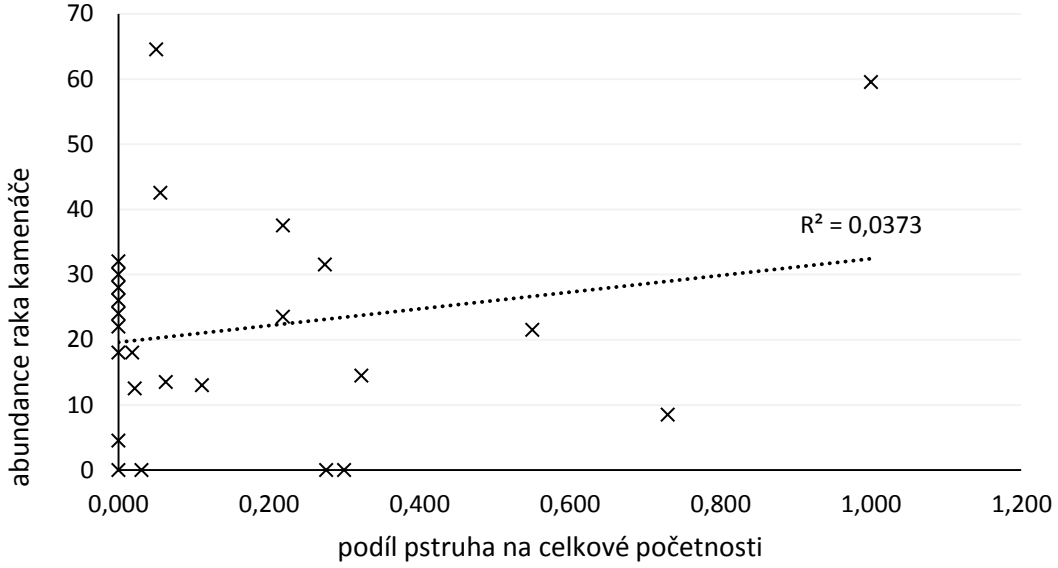
V rámci testování vybraných parametrů ichtyocenóz bylo zařazeno také zhodnocení vztahu **průměrné délky raka kamenáče** (mm) a početnosti pstruha (ks.ha^{-1}) na lokalitě (obr. 8). Z hodnot koeficientů a výsledku t-testu není závislost mezi hodnocenými parametry patrná (R^2 = 0,0464; R = -0,2154; t = -1,0579; p = 0,3011).



Obr. 8: Vztah mezi abundancí pstruha (ks.ha^{-1}) a průměrnou délkou raka na lokalitě (mm)

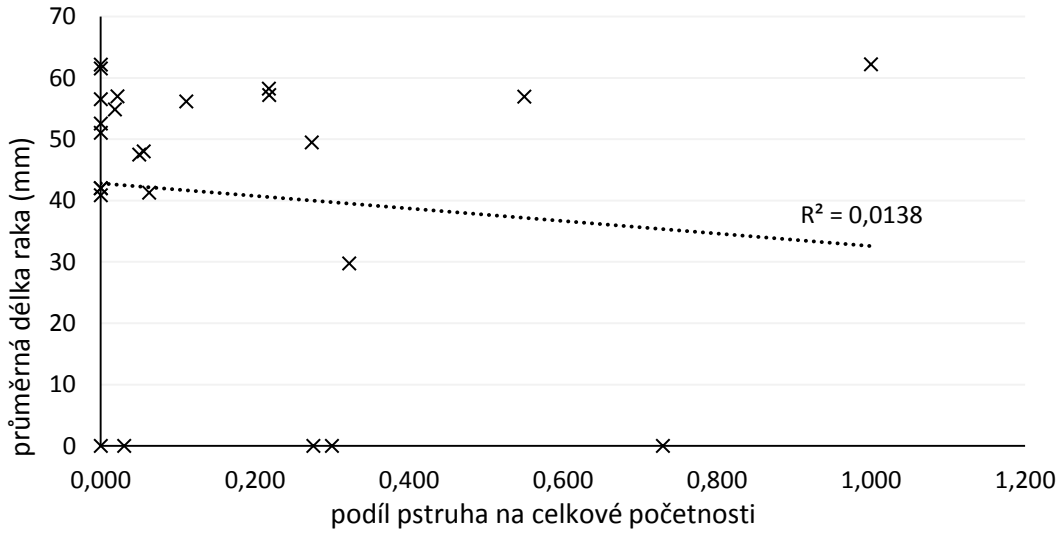
5.2.4 **Podíl pstruha na celkové početnosti ichtyocenózy**

K hodnoceným parametrům patřil podíl pstruha na celkové početnosti ichtyocenóz a jeho vztah k **abundanci raka kamenáče** (obr. 9). Na základě výsledných hodnot nelze konstatovat, že by podíl pstruha na početnosti ichtyocenózy měl vliv na početnost hodnocených populací raka kamenáče ($R = 0{,}193$; $R^2 = 0{,}037$; $t = 0{,}944$; $p = 0{,}3548$).



Obr. 9: Vztah mezi podílem pstruha na celkové početnosti ichtyocenózy a abundancí raka kamenáče

Posledním hodnoceným parametrem byl podíl pstruha na celkové početnosti ichtyocenózy a jeho vztah k **průměrné délce raka kamenáče** (mm) na lokalitě (obr. 10). Ani v tomto případě nebyla mezi výše uvedenými proměnnými prokázána závislost ($R^2 = 0{,}0138$; $R = -0{,}1175$; $t = -0{,}5676$; $p = 0{,}5758$).



Obr. 10: Vztah mezi podílem pstruha na celkové početnosti ichtyocenózy a průměrnou délkou raka kamenáče (mm) na lokalitě

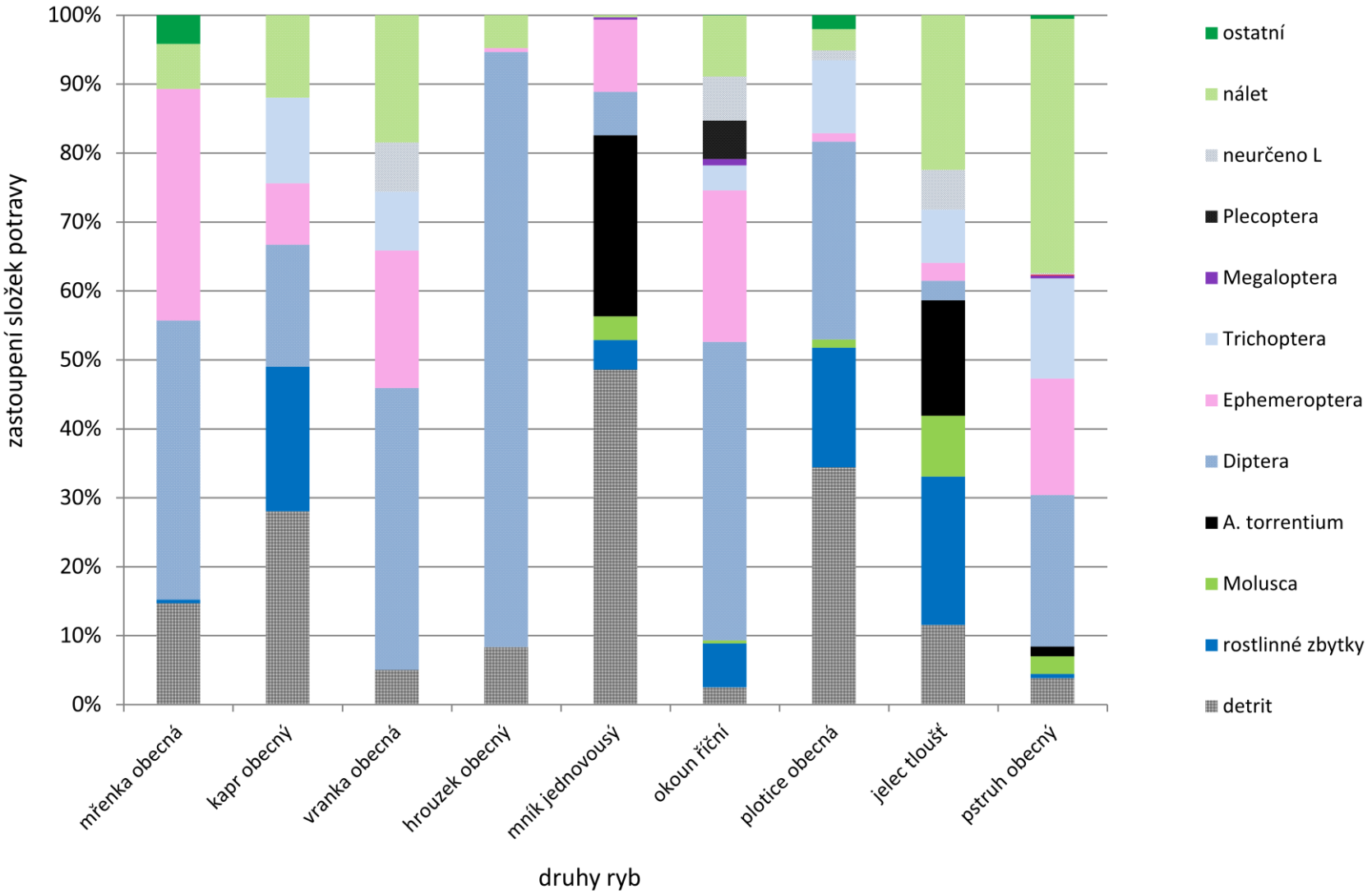
V rámci hodnocení vybraných parametrů ichtyocenóz (počet druhů na lokalitě, celková abundance, početnost pstruha na lokalitě a podíl pstruha na celkové početnosti dané lokality) nebyl na sledovaných lokalitách prokázán jejich vliv na abundanci raka kamenáče. Na základě neprůkazných výsledků tohoto testování byly výsledky rozšířeny o zhodnocení vztahu průměrné délky raka kamenáče na lokalitě a výše zmíněných parametrů. Ani v tomto případě však nebyla souvislost s hodnocenými parametry prokázána.

5.3 Analýza potravy

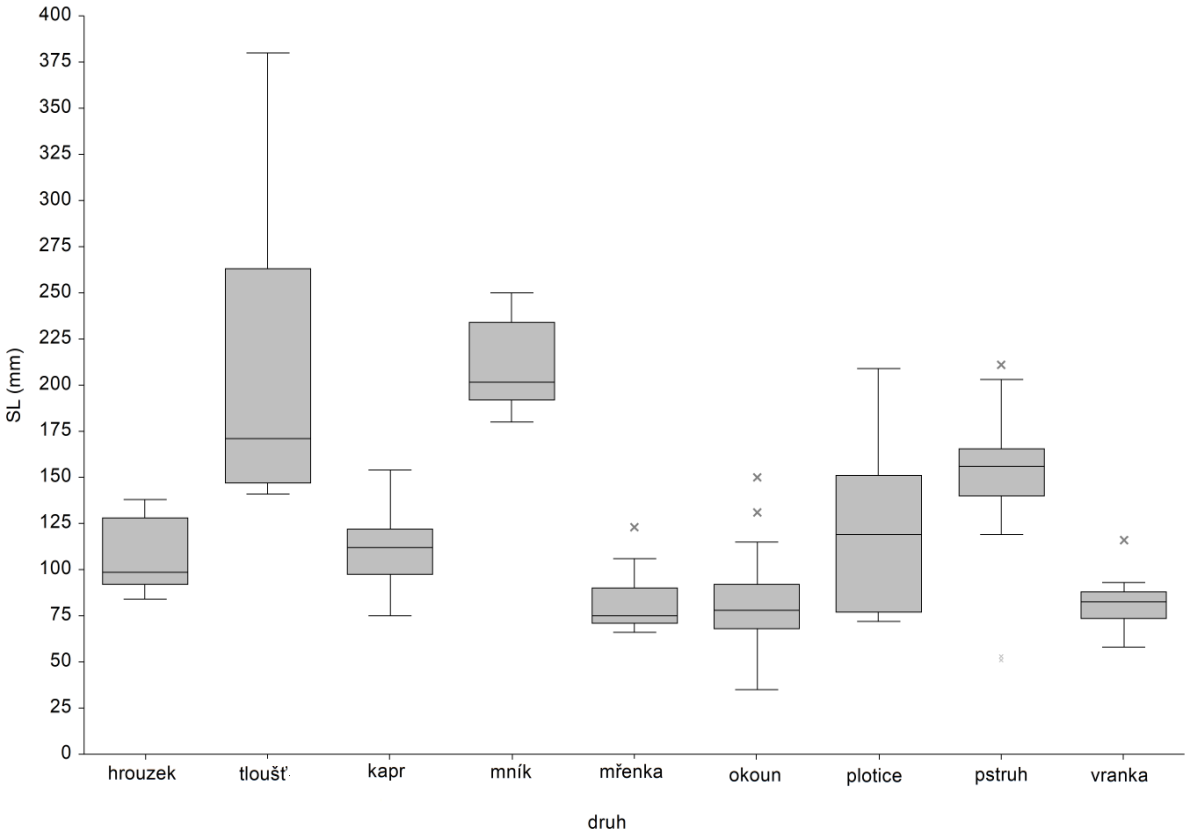
V rámci potravní analýzy byl zkoumán obsah zažívadel 139 ryb. Vybrány byly druhy: mřenka, kapr, vranka, hrouzek, mník, okoun, plotice, jelec tloušť a pstruh. Délková struktura analyzovaných ryb je patrná z obr. 12.

Celkem 14 jedinců mělo prázdná zažívadla. Index naplnění zažívadel se u jedinců pohyboval v intervalu 0-28,7 %, nejvyšší hodnota indexu byla zaznamenána u okouna. Průměrné hodnoty indexu naplnění pro jednotlivé lokality se pohybovaly od 2,2 do 12,6 %. Nejvyšší hodnoty tento index dosáhl na Zákolanském potoce, naopak u ryb ze Stroupínského potoka byl index nejnižší.

Nejpestřejší složení potravy bylo zjištěno u pstruha. Přítomnost raka kamenáče v trávicím traktu byla zaznamenána u tří druhů ryb, a to: mníka, pstruha a jelce tlouště. Nejvýznamněji se rak kamenáč podílel na složení potravy mníka. Následuje podrobný popis výsledků pro jednotlivé druhy ryb. Procentuální zastoupení hlavních složek potravy analyzovaných druhů je uvedeno v příloze 17, procentuální zastoupení čeledí vodních larev hmyzu viz příloha 18.



Obr. 11: Graf znázorňující zastoupení hlavních složek potravy analyzovaných druhů ryb (%).
(pozn.: neurčeno L = blíže neurčené vodní larvy hmyzu)



Obr. 12: Délková struktura ryb použitých na analýzu potravy (box plot: medián, 1. a 3. kvartil (IQR), nejbližší nižší/vyšší hodnota než je 1,5xIQR, odlehlé hodnoty).

5.3.1 **Mřenka mramorovaná**

K analýze potravy bylo vybráno 14 jedinců mřenky mramorované z Bradavy, Přešínského a Zákolanského potoka. Celkem 5 studovaných jedinců mělo prázdná zažívadla. Hodnoty indexu naplnění zažívadel byly nízké, nejvyšší hodnota dosáhla 6,5 %. Nejmenší analyzovaná mřenka měřila 66 mm, délka těla největšího jedince dosáhla 123 mm. Průměrná délka mřenky vybrané k analýze potravy dosáhla 85 mm.

Nejvýznamnější složku potravy mřenky tvořily larvy řádu Diptera (celkem 41 %). Téměř 28 % objemu tvořila muchnička rodu *Simulium* sp. Dále byly determinovány rody *Ceratopogon* sp. a *Atherix* sp. Necelými 6 % byly zastoupeny larvy čeledi Chironomidae.

Další významnou potravní složku tvořily larvy řádu Ephemeroptera (34 %). Rod *Baetis* sp. tvořil 15 % potravy, zbytek objemu sestával z blíže neurčených zástupců řádu.

Celkem 15 % objemu veškeré potravy tvořil detrit, v malé míře byly zaznamenány rostlinné zbytky a vajíčka. Náletový hmyz tvořil přes 6 % celkového objemu.

Z korýšů byla v potravě zaznamenána pouze přítomnost rodu *Asellus* sp., **rak kamenáč nebyl součástí potravy** mřenky.

5.3.2 **Kapr obecný**

Obsah zažívadel byl hodnocen u 12 jedinců kapra ze Zákolanského potoka a Bradavy. Index naplnění trávicího traktu se pohyboval v rozmezí 0 - 12,5 %, u dvou analyzovaných jedinců nebyla v zažívadlech zaznamenána přítomnost potravy. Nejmenší analyzovyný kapr měřil 75 mm, délka největšího jedince dosáhla 154 mm. Průměrná hodnota délky těla analyzovaného jedince dosáhla 114 mm.

Nejvýznamnější složku potravy kapra tvořil detrit, který zaujímal 28 % objemu analyzované potravy. Z rostlinného materiálu, který tvořil 21 % objemu, byla zaznamenána semena rostlin a stélky řas.

Z larev dvoukřídlého hmyzu (18 %) byla determinována čeleď Simuliidae (9,5 %), přes 8 objemových % tvořili zástupci čeledi Chironomidae. Řád Ephemeroptera (celkem 9 objemových %) zastupovaly larvy *Ephemera danica*, *Baetis* sp. a další blíže nedeterminovaní zástupci řádu jepice. Larvy chrostíků tvořily 12 % celkového objemu potravy, téměř polovinou se na tomto objemu podíleli zástupci čeledi Limnephliidae.

Necelých 12 % celkového obsahu zkoumaných zažívadel tvořil náletový hmyz determinovaný v řádech Coleoptera, Hymenoptera a Hemiptera s čeledí Aphididae.

V potravě kapra **nebyla zaznamenána přítomnost raka kamenáče**.

5.3.3 **Vranka obecná**

V rámci analýzy potravy bylo hodnoceno 14 jedinců vranky z Padrťského a Mítovského potoka. Index naplnění zažívadel se pohyboval v rozmezí 1,9 – 8,1 %. Délka analyzovaných vranek se pohybovala v rozmezí 58-116 mm, průměrná hodnota délky dosáhla 84 mm.

Nejvýznamněji se na složení potravy podílely larvy Diptera, které tvořily téměř 45 % celkového objemu. Blíže determinovány byly rody *Simulium* sp. a *Chironomus* sp., kde byla zaznamenána jak přítomnost larválního stadia,

tak stadium kukly. V menším měřítku se na skladbě potravy podíleli zástupci čeledi Limonidae, zbytek objemu tvořily blíže neurčené larvy dvoukřídlého hmyzu. Z řádu jepice, který zaujímal 20 % celkového objemu determinovaných potravních částic, byly blíže určeny larvy čeledí Ephemeridae, Baetidae a Heptageniidae. Larvy řádu Trichoptera (cca 8 % objemu) byly zastoupeny čeledí Hydropsychidae a rodem *Rhyacophila* sp. Přes 7 % objemu tvořily blíže nedeterminovatelné larvy vodního hmyzu.

Náletový hmyz tvořil přes 18 % veškeré potravy vranky, největší zastoupení měli jedinci z řádu Coleoptera. Méně významnou složku potravy tvořil detrit (5 %).

Mezi potravními částicemi **nebyl přítomen rak kamenáč**.

5.3.4 **Hrouzek obecný**

Rozbor potravy byl proveden u 8 jedinců hrouzka ze Zákolanského potoka. Dva analyzovaní jedinci měli prázdné trávicí ústrojí. Maximální hodnota indexu naplnění zažívadel dosáhla 7,3 %. Nejmenší jedinec vybraný k analýze potravy měřil 84mm, velikost těla největšího jedince dosáhla 138 mm. Průměrná délka analyzovaných jedinců byla 107 mm.

Téměř 90 % veškeré potravy tvořily larvy řádu Diptera, více než z poloviny byl tento objem zastoupen rodem *Simulium* sp. Z larev dvoukřídlého hmyzu byla v potravě zjištěna také přítomnost pakomára rodu *Chironomus* sp. Jednotvárnou potravu hrouzka doplňovaly larvy jepic rodu *Baetis* sp.

Náletový hmyz tvořil necelých 5 % potravy, blíže určen byl pouze řád blanokřídlí (Hymenoptera). Z 8 % se na složení potravy podílel detrit.

Přítomnost jiných potravních částic (včetně raka kamenáče) **nebyla prokázána**.

5.3.5 **Mník jednovousý**

Analýze potravy bylo podrobeno 8 mníků z Mítovského potoka a Bradavy. Index naplnění trávicího traktu se pohyboval od 0 do 8,1 %, jeden ulovený jedinec byl bez obsahu potravy v trávicím traktu. Velikost mníků vybraných k analýze potravy se pohybovala od 180 do 250mm. Průměrná délka těla vybraných mníků dosahovala 209 mm.

Dominantní složku potravy mníka tvořila blíže nespecifikovatelná organická hmota (téměř 49 % objemu). Rostlinné zbytky se na skladbě potravy mníka podílely 3 %.

Z kmene měkkýši (Molusca) byla zaznamenána přítomnost kamomila *Ancylus fluviatilis*, který tvořil přibližně 3 % objemu potravy.

Larvy dvoukřídlého hmyzu, které zaujímaly cca 6 % celkového objem, byly zastoupeny čeledí Chironomidae a rodem *Simulium* sp.

Řád Ephemeroptera (10 % objemu) zastupovaly larvy čeledi Ephemeridae (necelých 8 %). Z čeledi byla blíže určena jepice *Ephemera danica*. Dále byl řád zastoupen rodem *Baetis* sp. Část objemu tvořily blíže neurčené larvy řádu jepice. V rámci bentosu byla zaznamenána také larva střechatky (Megaloptera).

Malý podíl na složení potravy měl náletový hmyz z řádu Coleoptera (0,3 %).

Významnou **složku potravy mníka tvořil rak kamenáč**, který zaujímal přes 26 % celkového objemu potravy. Jeho přítomnost v zažívadlech byla zaznamenána u 3 analyzovaných jedinců, kteří byli uloveni na Bradavě. Délka prvního jedince dosahovala 192 mm, váha 68 g. Celková váha obsahu trávicího traktu ryby byla 5,5 g. Rak byl v zažívadlech nalezen v celku, délka těla dosahovala 23 mm. V trávicím traktu byli dále obsaženi 4 jedinci jepice *E. danica* a pakomár rodu *Chironomus* sp. Druhý analyzovaný mník měřil 204 mm a vážil 86 g. Hmotnost obsahu trávicího traktu činila 4, 5 g. V trávicím traktu byly nalezeny části končetin a klepeto o velikosti 4 mm. Celková délka pozřeného raka byla podle velikosti klepeta odhadnuta na cca 3 cm. Žaludeční obsah doplňoval kamomil *Ancylus fluviatilis* a jepice rodu *Baetis* sp. Největším byl mník o délce 241 mm a váze 121 g. Obsah trávicího traktu tohoto jedince vážil 5, 5 g. Rak o velikosti 36 mm, který zaujímal 95 % obsahu žaludku, byl v trávicím traktu nalezen neporušený. Zbývajících 5 % obsahu tvořila larva střechatky řádu Megaloptera a náletový hmyz z řádu Coleoptera.

5.3.6 **Okoun říční**

Analýza zažívadel byla provedena u 24 jedinců okouna říčního, uloveného na Bradavě, Padrťském a Zákolanském potoce. Dva z vybraných jedinců měli prázdná zažívadla. Index naplnění zažívadel se pohyboval od 0 do 28,7 %. Nejmenší analyzovaný okoun měřil 35 mm, délka těla největšího jedince dosahovala 150 mm. Průměrná délka hodnocených jedinců byla 83 mm.

Potrava okouna byla velmi pestrá, většinu objemu tvořily vodní larvy hmyzu. V malé míře byly zastoupeny kmeny Annelida a Molusca. Zbytky rostlin tvořily 6 % potravy, v menší míře byl její součástí i detrit.

Larvy dvoukřídlého hmyzu byly determinovány v 5 čeledích: Simuliidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Athericidae a Syrphidae. V rámci těchto čeledí byly dále blíže určeny rody*: Simulium* sp., *Chironomus* sp., *Ceratopogon* sp. *a Atherix* sp. Muchnička rodu *Simulium* sp. tvořila téměř 35 % celkového objemu potravy okouna.

V rámci řádu Ephemeroptera byla determinována *Ephemera danica*; rody: *Baetis* sp., *Habrophlebia* sp. a *Caenis* sp.; blíže neurčení zástupci čeledí Leptophlebiidae a Heptageniidae a další blíže nedeterminovatelní zástupci řádu jepice. Nejvýraznější zastoupení měl v rámci řádu rod *Baetis* sp. (přes 9 % obejmu).

Řád chrostíci byl zastoupen čeledí Limnephliidae (necelá 3 %). Méně početný byl rod *Rhyacophila* sp. a další zástupci řádu.

Z řádu Megaloptera byla determinována střechatka rodu *Sialis* sp. Řád Neuroptera, který tvořil téměř 6 % potravy, byl zastoupen rody *Isoperla* sp. a *Leuctra* sp.

Náletový hmyz tvořil necelých 8 % potravy. Zastoupeny byly řády Coleoptera, Trichoptera, Hymenoptera, Diptera a Hemiptera. Řád dvoukřídlí byl dále zastoupen čeledí Sciomyzidea, Culicidae a rodem *Ceratopogon* sp. Řád Hemiptera byl zastoupen pouze čeledí Aphididae.

Rak kamenáč nebyl součástí potravy okouna říčního.

5.3.7 **Plotice obecná**

Hodnoceno bylo složení potravy 19 jedinců plotice z Padrťského potoka, Bradavy a Zákolanského potoka. Celkem u 2 analyzovaných jedinců nebyla zaznamenána přítomnost potravy v trávicím traktu. Index naplnění trávicího traktu se pohyboval mezi 0 – 10,8 %. Velikost analyzovaných plotic se pohybovala v rozmezí 72-209 mm. Průměrná délka plotice dosáhla 122 mm.

Významnou složku potravy plotice tvořil detrit (34 %). Rostlinné zbytky zaujímaly 17 % objemu, 2 % potravy tvořila vajíčka. Kmen měkkýši zastoupený kamomilem *Ancylus fluviatilis* se na skladbě potravy podílel 1 %.

V rámci řádu Diptera (28 %) byly nejvýznamnější složkou potravy larvy tiplic z čeledi Tipulidae, které tvořily přes 14 % objemu. Dále byly determinovány larvy rodu *Simulium* sp. a *Chironomus* sp. V potravě byly přítomny larvy čeledí Limoniidae a Athericidae. Přes 6 % objemu tvořily další larvy dvoukřídlého hmyzu.

Celkem 10 % celkového objemu tvořily larvy chrostíků z čeledí Limnephliidae a Molanidae. Řád jepice zahrnoval čeleď Heptageniidae a rod *Baetis* sp. Tyto larvy se na celkovém objemu podílely pouze 1 %.

Asi 3 % potravy plotice tvořil náletový hmyz. V rámci náletového hmyzu byly determinovány řády Diptera, Hymenoptera a Hemiptera s čeledí Aphididae.

Přítomnost raka kamenáče v zažívadlech plotice **nebyla prokázána**.

5.3.8 **Jelec tloušť**

Analýze potravních částic bylo podrobeno 13 jedinců jelce tlouště odlovených na Bradavě a Stroupínském potoce. Index naplnění trávicího traktu odlovených jedinců se pohyboval mezi 1,9 – 8,7 %. Velikost těla jedinců vybraných k analýze potravy se pohybovala v rozmezí 141-215 mm. Průměrná délka analyzovaných jedinců byla 173 mm.

Značnou část potravy tlouště tvořily rostlinné zbytky (22 %), detrit zaujímal téměř 12 % objemu. Z kmene Molusca, který se na skladbě potravy podílel 8 %, byl determinován kamomil *Ancylus fluviatilis*. Kmen dále doplňovali blíže neurčení zástupci vodních plžů.

Vodní larvy hmyzu tvořily téměř 19 % potravy. Necelá 3 % byla zastoupena larvami dvoukřídlého hmyzu rodu *Simulium* sp., *Ceratopogon* sp. a čeledi Chironomidae. Larvy jepic tvořily 2,6 % objemu potravy, blíže determinována byla pouze čeleď Heptageniidae. V rámci řádu Trichoptera byla určena čeleď Limnephliidae.

Hojně byl v potravě tlouště zastoupen náletový hmyz, který tvořil celkem 22 % objemu analyzované potravy. Zastoupeny byly následující řády: Coleoptera, Hymenoptera, Neuroptera a Hemiptera s čeledí Aphididae.

Celkem **16,7 % potravy tlouště tvořil rak kamenáč**. Rak byl zaznamenán v zažívadlech 2 jedinců ulovených na Stroupínském potoce. Jeho přítomnost v trávicím traktu byla zaznamenána u jedince s délkou 202 mm a váhou 184 g. Na celkové váze potravy v zažívadlech ryby (3, 9 g) se rak podílel z 50 %. V žaludky byly nalezeny fragmenty tykadel, karapaxu a pereopodů. Celkovou velikost pozřeného raka nebylo možno odhadnout. Zbývající polovinu objemu potravy tvořily larvy chrostíků čeledi Limnephliidae. Dále byl rak nalezen v žaludku ryby o délce 215 mm a váze 207 g. Potrava v trávicím traktu vážila 8, 5 g. Na složení potravy

se zde rak podílel z 95 %, podle fragmentů těla byl počet pozřených kamenáčů odhadnut na 3 jedince. V žaludku byl nalezen také 1 jedinec rodu *Ceratopogon* sp.

5.3.9 **Pstruh obecný**

K rozboru potravy bylo vybráno 26 jedinců pstruha z Padrťského potoka, Bojovky, Mítovského potoka, Bradavy a Přešínského potoka. Index naplnění zažívadel se pohyboval v rozmezí 1 – 9,8 %. Nejmenší analyzovaný pstruh měřil 51 mm, největší jedinec dosáhl délky 211 mm. Průměrná velikost pstruhů byla 140 mm.

Necelá 4 % objemu potravy pstruha tvořil detrit, v malé míře byly zaznamenány i rostlinné zbytky. Kmen měkkýši zaujímal necelá 3 % objemu, z toho polovinu tvořil kamomil *Ancylus fluviatilis*.

Přes 54 % objemu veškeré potravy tvořily vodní larvy hmyzu. Dvoukřídlý hmyz byl zastoupen rodem *Simulium* sp., *Chironomus* sp., *Ceratopogon* sp. a čeledí Tipulidae. V rámci řádu Ephemeroptera byla hojně zastoupena jepice *Ephemera danica*, rod *Baetis* sp. a *Caenis* sp. Dále byla determinována čeleď Leptophlebiidae a Heptageniidae. Z řádu Trichoptera se na složení potravy nejvíce podílely larvy chrostíků čeledi Limnephliidae. Dále byla zastoupena čeleď Odontoceridae a rod *Rhyacophila* sp. Z řádu Megaloptera byla určena střechatka rodu *Sialis* sp. Byla také zaznamenána přítomnost 2 larev z řádu Neuroptera.

Pestrá skladba potravy byla patrná i v řadách náletového hmyzu, který tvořil 37 % potravy pstruha. Přítomen byl řád Coleoptera s čeleděmi Elateridae, Carabidae a Gyrinidae. Dvoukřídlý hmyz byl zastoupen čeledí Muscidae a Culicidae. Poměrně hojnou součástí potravy byl i blanokřídlý hmyz. V rámci této skupiny byly blíže určeny čeledi Formicidae a Vespidae. Z řádu polokřídlých byla v potravě přítomna bruslařka *Gerris* sp. a křísi Auchenorrhyncha. Dále byli součástí potravy zástupci řádu Trichoptera a Plecoptera.

Ojedinělá byla přítomnost částečně metamorfovaného pulce ropuchy *Bufo bufo* v trávicím traktu.

Z korýšů byl v malé míře přítomen druh *Asellus aquticus*, **zaznamenána byla také přítomnost raka kamenáče**. U pstruha o délce 139 mm a váze 54 g, pocházejícího ze Zákolanského potoka, bylo v žaludečním obsahu rozpoznáno rostrum a tykadlo raka. Na celkové váze obsahu trávicího traktu 5, 3 g se dále podílely larvy rodu *Simulium* sp., *Chironomus* sp. a blíže neurčené larvy řádu Trichoptera. Náletový

hmyz byl tvořen jedinci z řádu Coleoptera. Dále byl rak determinovám v potravě pstruha s délkou těla 157 mm a váhou 72 g z Bradavy. Obsah potravy v zažívadlech ryby vážil 3, 5 g. Na skladbě potravy se z 20 % podílel detrit, který byl dále doplněn o larvy tiplic čeledi Tipulidae a řádů Ephemeroptera a Trichoptera. Náletový hmyz sestával z jedinců čeledi Muscidae a blíže neurčených jedinců dvoukřídlého hmyzu. Rak kamenáč byl nalezen v podobě fragmentů tykadel a pereopodů. U obou jedinců pstruha byly v trávicím traktu nalezeny pouze fragmenty těla raka kamenáče. Rak tak tvořil pouze 1,4 % celkového objemu potravy analyzovaných ryb.

6 Diskuze

6.1 Druhové složení ichtyocenóz

Počet ulovených druhů ryb v rámci ichtyologického průzkumu na jednotlivých profilech kolísal. Zaznamenány byly profily, kde nebyl přítomen žádný druh ryby, i bohaté ichtyocenózy s 12 druhy ryb. Stejně tak se lišil charakter hodnocených profilů. Průzkum zahrnoval širokou škálu profilů přirozeného charakteru i profily zcela regulované. Druhové složení a strukturu ichtyocenóz ovlivňuje řada faktorů. Přítomnost starších věkových kategorií ryb a vyšší druhové bohatství je obecně spojováno se stabilními ekosystémy a větší hloubkou vody (Prenda a kol., 1997a). Pro společenstva extrémních biotopů je naopak typická vysoká abundance několika málo druhů (Wolter a Vilcinskas, 1997). Stejně jako na jiné druhy organismů lze i na ryby vztáhnout hypotézu, podle které se vzrůstající heterogenitou prostředí narůstá druhová diverzita (Massicotte a kol., 2015). Stabilita prostředí, míra ovlivnění člověkem či například znečištění neovlivňují pouze počet druhů, které dané lokality hostí, ale i jejich složení. Díky antropogenním zásahům do toků se mohou na některých úsecích objevovat druhy typické pro jiná rybí pásma. Častým jevem u níže položených úseků regulovaných toků je snížení zastoupení reofilních kaprovitých ryb a zvýšení podílu ryb lososovitých (Peňáz a kol., 1999). Kromě výše zmíněných faktorů ovlivňuje složení ichtyocenóz také přítomnost rybářského hospodaření na tocích, které upřednostňuje některé druhy ryb.

V závislosti na charakteru prostředí se objevují určité vzorce v uspořádání ichtyocenóz. Vranka obývá mělčí proudnější úseky toků, vzhledem ke své biologii je však vázána na přítomnost substrátu dna větší zrnitostní frakce (Carter a kol., 2004; Welton a kol., 1991). Společně se pstruhem tvoří vranka často dominantní druhy malých vodních toků (Carter a kol., 2004). Pokud vrance vyhovuje rychlost proudění vody a nalezne ve dně dostatečné možství úkrytů, dokáže úspěšně obývat i regulované úseky toků (Knaepkens a kol., 2002). Vranka byla nejpočetnějším druhem zjištěných ichtyocenóz. Mimo přirozené úseky toků s kamenitým dnem byla s vysokou početností zaznamenána také na několika profilech, které jsou regulovány, avšak svým charakterem vyhovují jejím potřebám. Na těchto úsecích byla typická přítomnost úkrytů volně v korytě toku, či v rozpadající se regulaci. (např. Radbuza v profilu Rybník či Bradava v Hořehledech). Vysokých hodnot abundance dosahovaly také populace pstruha, který se na zájmových tocích vyskytoval

s největší frekvencí. Mimo charakteru toků je při hodnocení početnosti tohoto druhu zapotřebí zohlednit činnost člověka. Abundance pstruha jako hospodářsky významného druhu je na některých tocích významně ovlivněna rybářským hospodařením. Zejména vysokou početnost pstruhů na Radbuze, Stroupínském potoce a Bradavě lze přičíst umělému vysazování tohoto druhu (Vlach, ústní sdělení).

Společenstvo nepříliš typické pro ekosystém tekoucích vod bylo zaznamenáno na Zákolanském potoce, zejména v profilu Středokluky. Nejpočetnějšími druhy zde byly perlín a kapr, tedy druhy typické spíše pro stojaté vody, či pomalu tekoucí vody dolních toků větších řek (Baruš a Oliva, 1995b). Společenstvo bylo dále doplněno o střevličku, plotici a méně početné bentické druhy ryb. Druhové složení tohoto profilu příliš neodpovídá charakteru toku a lze předpokládat, že bylo ovlivněno migrací těchto druhů z rybníku, který se nachází dále po toku.

Zajímavá je koexistence malých bentických druhů ryb na Stroupínském potoce a Bradavě v Hořehledech. Tyto lokality se vyznačují druhově bohatými společenstvy s rovnoměrným zastoupením druhů. Na obou lokalitách byla mimo jiných druhů zaznamenána také přítomnost několika druhů bentických ryb s podobnými ekologickými nároky - mřenky, vranky a hrouzka. Mezi druhy, které využívají prostředí podobným způsobem, se z důvodu snížení konkurence projevuje v rámci habitatu tendence k rozdělení nik (Prenda a kol., 1997b). Ačkoli jsou mřenka, vranka i hrouzek vázány na bentické prostředí, každý vyhledává z výše zmíněných důvodů jiný mikrohabitat. Ze společného výskytu těchto druhů ryb tak lze usuzovat na značnou heterogenitu dna.

6.2 Vyhodnocení míry predace

Zařazení raků do jídelníčku je ze strany ryb limitováno velikostí ústního otvoru. Ohroženy jsou proto zejména menší velikostní kategorie raků (Englund a Krupa, 2000; Roell a Orth, 1993; Stein, 1997). I přes předpoklad, že malé velikostní kategorie raků jsou náchylnější k predaci a načasování odlovu na dobu těsně po vykulení ráčat, lze konstatovat, že v potravě ulovených ryb nebyla přítomnost čerstvě vylíhnutých ráčat zaznamenána. V rámci analýzy potravy byl rak kamenáč zaznamenán v obsahu trávicího traktu sedmi ryb. Velikost pozřených jedinců se dala změřit či odhadnout pouze ve třech případech, délka těla změřených raků

se pohybovala v rozmezí 23-36 mm. V ostatních zažívadlech byly zachovány pouze fragmenty těl, ze kterých nebylo možné odhadnout velikost pozřených raků.

Naprostou většinu potravy pstruha tvořily zástupci hmyzu, a to jak vodní larvy, tak adultní jedinci terestrických druhů. Potrava pstruhů byla ze všech analyzovaných druhů nejpestřejší. Podle výsledků mnohých autorů není pstruh při výběru potravy výrazně selektivní (např. Michel a Oberdorff, 1995; Vlach a kol., 2013). Pestrost potravy ulovených pstruhů však lze patrně přičíst tomu, že z řad tohoto druhu byl k analýze potravy odebrán největší vzorek ryb a ulovení jedinci pocházeli z pěti různých lokalit. Potrava vybraného vzorku ryb tak zahrnovala druhy typické pro různá stanoviště.

Podíl raka kamenáče na složení potravy pstruha nebyl příliš významný. Z celkem 26 analyzovaných jedinců byly fragmenty těl raků determinovány v potravě 2 jedinců tohoto druhu. Oproti očekávání tak lze raka kamenáče považovat pouze za příležitostnou složku potravy pstruha na zkoumaných lokalitách. Raci jsou obecně považováni za živočichy s noční aktivitou, která se u nich vyvinula na základě tendence uniknout predačnímu tlaku ze strany ryb (Gelwick, 2000). Mnohé dravé druhy ryb však vykazují noční aktivitu podobně jako raci. Pstruh je druhem aktivním zejména v noci a za soumraku (Baruš a Oliva, 1995a). Při radiotelemetrickém získávání dat o pohybu raka kamenáče a raka říčního zaznamenali Daněk a kol. (2018) změny v chování výše zmíněných druhů v toku s přítomností velkých pstruhů. Vrchol aktivity raka kamenáče byl v rámci tohoto měření zaznamenán v ranních hodinách. Nízká míra predace pstruhů zaznamenaná na zájmových lokalitách v rámci této práce tak může být způsobena změnami chování a posunem aktivity raka kamenáče do méně exponovaných částí dne.

Jako příležitostná složka potravy se raci objevili také v potravě jelce tlouště. V tomto bodě se tak výsledky práce shodují se závěry jiných autorů (Hellawell, 1971; Michel a Oberdorff, 1995), kteří hodnotí raky jako možnou, avšak ne přímo vyhledávanou složku potravy tloušťů. Na složení potravy tohoto druhu se také významně podílí rostlinná složka a detrit. Někteří autoři uvádí zastoupení rostlinné složky potravy až 50 % (Michel a Oberdorff, 1995). Obě tyto složky se v zažívadlech jelce tlouště ve větší míře objevily i při analýze potravy v rámci této práce. S výsledky jiných analýz je shodný také vysoký podíl náletového hmyzu (Vlach a kol., 2013), tato složka potravy však nebyla příliš druhově pestrá. Naopak larvy vodního hmyzu,

uváděné některými autory jako dominantní složka potravy (Michel a Oberdorff, 1995), se na složení potravy podílely pouze minimálně. Rozdíly ve složení potravy mohou být ovlivněny mnoha faktory. V první řadě je zapotřebí zohlednit období, ve kterém je potrava ryb hodnocena, s ohledem na dostupnost jednotlivých potravních složek. Výsledky se mohou lišit také v závislosti na prostředí, ze kterého vzorky pocházejí, a to včetně charakteru bezprostředního okolí vodních toků, které významně ovlivňuje především množství a druhové složení náletového hmyzu. S ohledem na cílový druh, raka kamenáče, proběhl odběr vzorků na začátku léta, tedy mimo sezónu líhnutí larev. Bezprostřední okolí odběrových profilů tvořila zemědělská krajina (Stroupínský potok) a lesní porosty (Bradava), kde lze obecně předpokládat nižší diverzitu hmyzu, než např. v okolí lučních biotopů.

Podle několika studií se raci mohou významným způsobem podílet na složení potravy okounů (Blake a Hart, 1995; Michel a Oberdorff, 1995; Reynolds, 2011). Objem této složky v jejich potravě je značně proměnlivý a nevykazuje žádnou sezónní závislost (Michel a Oberdorff, 1995). Diehl (1988) hodnotí okouny jako potravní oportunisty, kteří se zaměřují na nejpočetnější a nejsnáze dostupnou složku potravy. V rámci vyhodnocení jednotlivých složek potravy okounů zaujímaly největší objem larvy dvoukřídlého hmyzu a jepic. Rak kamenáč nebyl v potravě okounů přítomen. Složení potravy okounů bylo patrně ovlivněno délkovou strukturou analyzovaných jedinců. Nejmenší analyzovaný jedinec měřil 35 mm, délka těla největšího jedince dosáhla délky 150 mm. Průměrná délka těla hodnocených okounů byla 83 mm. Při dokumentování způsobu lovu okounů zaznamenali Blake a Hart (1995) jako nejčastější reakci raků na útok snahu o únik. Raci jsou však také schopni zaujmout obranný postoj, který může být nebezpečný obzvlášť pro malé jedince ryb. V tomto případě tak lze nepřítomnost raka v potravě analyzovaných okounů vysvětlit malou tělesnou velikostí analyzovaných jedinců a přítomností jiné, snáze ulovitelné potravy.

Významným predátorem raků jsou také mníci, a to zejména menší a středně velcí jedinci (Gallagher a Dick, 2015; Hares a kol., 2015; Klobucar a kol., 2016). Přítomnost raka kamenáče v zažívacím traktu mníka byla zaznamenána u 3 z 8 analyzovaných jedinců tohoto druhu. Na celkovém složení potravy se rak podílel z 26 %. Ačkoli rak netvořil dominantní složku potravy, je zapotřebí vzít v úvahu fyziologii druhu a načasování doby odlovu. Mník je druhem, jehož aktivita

se zvyšuje s klesající teplotou vody (Baruš a Oliva, 1995b). Intenzita příjmu potravy dosahuje svého vrcholu v zimních měsících (Klobucar a kol., 2016). Ichtyologický průzkum a odběr vzorků na analýzu potravy proběhl v červnu 2016. Letní měsíce jsou obdobím, kdy mník vykazuje nejmenší aktivitu i nejnižší příjem potravy. Odběr vzorků patrně proběhl v období nejnižšího predačního tlaku ze strany mníků, lze tedy předpokládat, že význam raka jako potravní složky významně vzrostl během podzimu a zimy. Tuto domněnku potvrzují i některé studie. Klobucar a kol. (2016) v rámci své studie podrobili rozboru potravy 385 jedinců mníka. V podzimním období zaznamenali autoři přítomnost raka v trávicím traktu až u 80 % ulovených jedinců, v zimě byl rak determinován v zažívadlech poloviny analyzovaných ryb.

Mezi ryby vybrané k analýze potravy byly zařazeny také druhy, u nichž nejsou informace o konzumaci raků zcela jednotné. Konkrétně se jedná o mřenku, vranku, hrouzka a plotici. Složení potravy těchto druhů je poměrně dobře zmapováno. Jedná se o druhy převážně insektivorní, z hmyzu jsou v potravě zastoupeny v největší míře vodní larvy řádu Diptera. Pouze v potravě plotice se výrazněji projevuje rostlinná složka potravy a detrit (Baruš a Oliva, 1995b; Michel a Oberdorff, 1995; Vlach a kol., 2013). Existují však i důkazy o tom, že se tyto druhy podílí na konzumaci raků (Kozák a kol., 2013; Štambergová a kol., 2009). Dostupné informace o potravním vztahu mřenky, vranky či hrouzka a raka kamenáče jsou značně omezené, neboť se většina studií zabývajících se vztahem malých bentických druhů ryb a raků s ohledem na podobné ekologické nároky a velikost těchto druhů zaměřuje zejména na jejich konkurenci (Bubb a kol., 2009; Guan a Wiles, 1997; Miller a kol., 1992). Výsledky této práce ukazují u výše zmíněných druhů podobné složení potravy. Nejvýznamnější složkou potravy mřenky, vranky a hrouzka tvořily vodní larvy, zejména pak larvy dvoukřídlého hmyzu. V potravě plotice dominoval detrit a rostlinná složka. U žádného z druhů nebyla v potravě zaznamenána přítomnost raka kamenáče.

7 Závěr

Cílem této práce bylo popsat ichtyocenózy vybraných vodních toků s prokázaným výskytem raka kamenáče a zhodnotit vztah mezi charakteristikami těchto ichtyocenóz a populacemi raka kamenáče. Dále si práce kladla za cíl provést rozbor potravy a vyhodnotit míru predace vybraných druhů ryb na raku kamenáči.

Na 29 profilech bylo popsáno druhové složení zjištěných ichtyocenóz a jejich základní populační charakteristiky. V rámci ichtyologického průzkumu bylo determinováno 15 původních druhů ichtyofauny České republiky, jeden introdukovaný druh ryby a jeden druh mihule. Ve složení ichtyocenóz byla zaznamenána některá typická uspořádání, např. soužití vranky a pstruha v proudnějších úsecích toků.

Při analýze potravy byl zhodnocen obsah zažívadel 139 jedinců ryb z 9 vybraných druhů. Hodnoceno bylo zastoupení jednotlivých složek potravy se zaměřením na přítomnost raka kamenáče. V rámci vybraných druhů ryb byla přítomnost raka kamenáče prokázána v potravě jelce tlouště, pstruha a mníka. Nejvýznamnější zastoupení raka kamenáče bylo zaznamenáno v potravě mníka. Oproti předpokladu tvořil rak kamenáč pouze příležitostnou složku potravy výše uvedených druhů. Predace byla předpokládána také ze strany kapra a okouna, konzumace raků těmito druhy však nebyla prokázána. Analýza potravy plotice, mřenky, vranky a hrouzka byla naplněna očekáváním, neboť nahlížení na potenciál těchto druhů ryb k predaci raků se u různých autorů liší. Výsledky analýzy však rozuzlení nepřinesly, neboť přítomnost raka kamenáče v zažívadlech těchto ryb nebyla zaznamenána.

Tato práce si kladla za cíl také zhodnotit vztah mezi abundancí raka kamenáče, popřípadě průměrnou délkou raka na lokalitě a parametry ichtyocenóz. Mezi zvolenými parametry ichtyocenóz a populačními charakteristikami raka kamenáče nebyl nalezen žádný vztah.

Tato diplomová práce přispěla k poznatkům o distribuci a složení potravy několika druhů ryb. Práce bohužel nepřispěla k objasnění vlivu ichtyocenóz na populace raka kamenáče. Vzhledem k nosnosti tématu a aktuální míře ohrožení raka kamenáče však tato oblast zasluhuje dalšího zkoumání.

8 Seznam literatury

Barki, A., Gur, N., Karplus, I. 2001. Management of interspecific food competition in fish-crayfish communal culture: the effects of the spatial and temporal separation of feed. *Aquaculture* 201: 343-354.

Baruš, V., Oliva, O. 1995a. Mihulovci (Petromyzontes) a ryby (Osteichtyes), 1. díl. *Academia*. 623 s.

Baruš, V., Oliva, O. 1995b. Mihulovci (Petromyzontes) a ryby (Osteichtyes), 2. díl. *Academia*. 698 s.

Bayer, K., Copp, G., H., Gozlan, R., E. 2007. Microhabitat use and interspecific associations of introduced topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva* and native fishes in a small stream. *Journal of Fish Biology* 71: 224-238.

Blake, M., A., Hart, P., J., B. 1995. The vulnerability of juvenile signal crayfish to perch and eel predation. *Freshwater Biology* 33(2): 233–244.

Bubb, D., H., O'Malley, O., J., Gooderham, A., C., Lucas, M., C. 2009. Relative impacts of native and non-native crayfish on shelter use by an indigenous benthic fish. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19(4): 448–455.

Carter, M., G., Copp, G., H., Szomlai, V. 2004. Seasonal abundance and microhabitat use of bullhead *Cottus gobio* and accompanying fish species in the River Avon (Hampshire), and implications for conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 14(4): 395–412.

D´Abramo, L. R., Robinson, E. H. 1989. Nutrition of crayfish. *Reviews In Aquatic Sciences* 1(4): 711-728.

Daněk, T., Musil, J., Vlašánek, P., Svobodová, J., Johnsen, S. I., Barteková, T., … Andersen, O. 2018. Telemetry of co-occurring noble crayfish (*Astacus astacus*) and stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*): diel changes in movement and local activity. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv Für Hydrobiologie*, 191(4), 339–352.

Degerman, E., Nilsson, P. A., Nyström, P., Nilsson, E., Olsson, K. 2007. Are fish populations in temperate streams affected by crayfish? – A field survey and prospects. *Environmental Biology of Fishes* 78: 231-239.

Dekar, M. P., Magoulick, D. D. 2013. Efects of predators on fish and crayfish survival in intermittent streams. *Southeastern Naturalist* 12(1): 197–208.

Diehl, S. 1988. Foraging efficiency of three freshwater fishes: effects of structural complexity and light. *Oikos* 53: 207-214.

Dorn, N. J., Mittelbach, G. G. 1999. More than predator and prey: a review of interactions between fish and crayfish. *Vie et Milieu* 49(4): 229-237.

Englund, G., Krupa, J. J. 2000. Habitat use by crayfish in stream pools: influence of predators, depth and body size. *Freshwater Biology* 43: 75-83.

Erős, T., Botta-Dukát, Z., Grossman, G., D. 2003. Assemblage structure and habitat use of fishes in a Central European submontane stream: a patch-based approach. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 141-150.

Fischer, D., Bádr, V., Vlach, P., Fischerová, J. 2004. Nové poznatky o rozšíření raka kamenáče v Čechách. *Živa* 2: 79-81.

Fischer, D., Pavluvčík, P., Sedláček, F., Šálek, M. 2009. Predation of the alien American mink, *Mustela vison* on native crayfish in middle-sized streams incentral and western Bohemia. *Folia Zoologica* 58: 45–56.

Fischer, D., Svobodová, J., Vlach, P. 2015. Raci v Zákolanském potoce – minulost, současnost, budoucnost. *Bohemia centralis* 33: 319–331.

Gallagher, C., P., Dick, T., A. 2015. Winter feeding ecology and the importance of cannibalism in juvenile and adult burbot (Lota lota) from the Mackenzie Delta, Canada. *Hydrobiologia* 757(1): 73-88.

García-Berthou, E. 2001. Size- and depth-dependent variation in habitat and diet of the common carp (Cyprinus carpio). *Aquatic Sciences* 63: 466-476.

Garvey, J. E., Stein, R. A., Thomas, H. M. 1994. Assessing how fish predation and interspecific prey competition influence a crayfish assemblage. *Ecology* 75(2): 532-547.

Gelwick, F. P. 2000. Grazer identity changes the spatial distribution of cascading trophic effects in stream pools. *Oecologia* 125: 573–583.

Gherardi, F., Acquistapace, P., Santini, G. 2004. Food selection in freshwater omnivores: a case study of crayfish Austropotamobius pallipes. *Archiv für Hydrobiologie* 159(3): 357–376.

Goffaux, D., Grenouillet, G., Kestemont, P. 2005. Electrofishing versus gillnet sampling for the assessment of fish assemblages in large rivers. *Archiv für Hydrobiologie* 162(1): 73-90.

Gozlan,R., E., Andreou, D., Asaeda, T., Beyer, K., Bouhadad, R., Burnard, D., Caiola, N., Cakic, P., Djikanovic, V., Esmaeili, H., R., Falka, I., Golicher, D., Harka, A., Jeney, G., Kováč, V., Musil, J., Nocita, A., Povz, M., Poulet, N., Virbickas, T., Wolter, C., Tarkan, A., S., Tricarico, E., Trichkova, T., Verreycken, H., Witkowski, A., Zhang, C., Zweimueller, I., Britton, J., R. 2010. Pan-continental invasion of *Pseudorasbora parva*: towards a better understanding of freshwater fish invasions. *Fish and Fisheries* 11: 315-340.

Grandall, K. A., De Grave, S. 2017. An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the world, with a complete species list. *Journal of Crustacean Biology* 37(5): 615–653.

Guan, R., Wiles, P., R. 1997. Ecological impact of introduced crayfish on benthic fishes in a British lowland river. *Conservation Biology* 11(3): 641-647.

Hares, C., J., Jonas, J., L., Leonard, J., B., K. 2015. Diet analysis of burbot (*Lota lota*) from eastern Lake Michigan: 1996–2012. *Hydrobiologia* 757(1): 89-99.

Hellawell, J., M. 1971. The autecology of the chub, *Squalius cephalus* (L.), of the River Lugg and the Afon Llynfi. *Freshwater Biology* 1(4): 369–387.

Hill, A. M., Lodge, D. M. 1994. Diel changes in resources demand: competition and predation in species replacement among crayfishes.*Ecological Society of America* 75(7): 2118-2126.

Hirsch, P., E., Fischer, P. 2008. Interactions between native juvenile burbot (*Lota lota*) and the invasive spinycheek crayfish (*Orconectes limosus*) in a large European lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 65(12): 2636–2643.

Klobucar, S., L., Saunders, W., C., Budy, P. 2016. A Lota lota consumption: Trophic dynamics of nonnative burbot in a valuable sport fishery. *Transaction of the American Fisheries Society* 145: 1386-1398.

Knaepkens, G., Bruyndoncx, L., Bervoets, L., Eens, M. 2002. The presence of artificial stones predicts the occurrence of the European bullhead (*Cottus gobio*) in a regulated lowland river in Flanders (Belgium). *Ecology of Freshwater Fish*, 11(3): 203–206.

Kozák, P., Ďuriš, Z., Petrusek, A., Buřič., M., Horká, I., Kouba, A., Kozubíková, E., Policar, T. 2013. Biologie a chov raků. *Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod*, 418 s.

Kozák, P., Ďuriš, Z., Policar, T. 2002. The stone crayfish Austropotamobius torrentium (Schrank) in the Czech Republic. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 367: 707–713.

Kozubíková, E., Filipová, L., Kozák, P., Ďuriš, Z., Martín, M. P., Diéguez-Uribeondo, J., Oidtmann, B., Petrusek, A. 2009. Prevalence of the Crayfish Plague Pathogen Aphanomyces astaci in Invasive American Crayfishes in the Czech Republic. *Conservation Biology* 23(5): 1204-1213

Kozubíková, E., Petrusek, A., Ďuriš, Z., Kozák, P., Geiger, S., Hoffmann, R., Oidtmann, B. 2006. The crayfish plague in the Chzech Republic – Review of recent suspect cases and pilot detection study. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 380-381: 1313-1323.

Laffaille, P., Feunteun. E., Baisez, A., Robinet, T., Acou, A., Legault, A., Lek., S. 2003. Spatial organisation of European eel (Anguilla anguilla L.) in a small catchment. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 1-11.

Longshaw, M., Stebbing, P. 2016. Biology and ecology of crayfish. *CRC Press* 375s.

Massicotte, P., Prolux, R., Cabana, G., Rodríguez, M., A. 2015. Testing the influence of environmental heterogeneity on fish species richness in two biogeographic provinces. *PeerJ* 3: e760.

Michel, P., Oberdorff, T. 1995. Feeding habits of fourteen European freshwater fish species. *Cybium* 19(1): 5-46.

Miller, J., E., Savino, J., F., Neely, R., K. 1992. Competition for food between crayfish (*Orconectes virilis*) and the slimy sculpin (*Cottus cognatus*). *Journal of Freshwater Ecology* 7(2): 127-136.

Mittelbach, G. G. 1988. Competition Among Refuging Sunfishes and Effects of Fish Density on Littoral Zone Invertebrates. *Ecology* 69(3): 614-623.

Momot, W. T. 1995. Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems. *Reviews in Fisheries Science* 3(1): 33-63.

Olsson, K. 2005. The importance of predation, cannibalism and resources for production and abundance of crayfish. Lund University, Institute of Limnology, Department of Ecology. Lund. 42 s.

Patoka, J., Buřič, M., Kolář, V., Bláha, M., Petrtýl, M., Franta, P., Tropek, R., Kalous, L., Petrusek, A., Kouba, A. 2016. Predictions of marbled crayfish establishment in conurbations fulfilled: Evidences from the Czech Republic. *Biologia* 71: 1380-1385.

Peňáz, M., Baruš, V., Prokeš, M. 1999. Changes in the structure of fish assemblages in a river used for energy production. *Regulated Rivers: Research & Management*. 15(1-3): 169–180.

Pivnička, K. 1989. Ekologie ryb: Odhady základních parametrů charakterizujících rybí populace. *Státní pedagogické nakladatelství Praha*. 251 s.

Power, M., E. 1987. Predator avoidance by grazing fishes in temperate and tropical streams: the importance of stream depth and prey size. In, Predation: direct and indirect impacts on aquatic communities, edited by W.C. Kerfoot & A. Sih, *University Press of New England*, Hanover, New Hampshire, pp. 333-352.

Prenda, J., Armitage, P., D., Grayston, A. 1997a. Habitat use by the fish assemblages of two chalk streams. *Journal of Fish Biology* 51: 64-79.

Prenda, J., Rossomanno, S., Armitage, P., D. 1997b. Species interactions and substrate preferences in three small benthic fishes. *Limnetica* 13(1): 47-53.

Prenda, J., Rossomanno, S., Armitage, P., D. 2000. Changes in depth distribution and activity in small benthic riverine fishes under gradually changing light intensities. *Limnetica* 18: 75-80.

Rahel, F., J., Stein, R., A. 1988. Complex predator-prey interactions and predator intimidation among crayfish, piscivorous fish, and small benthic fish. *Oecologia* 75(1): 94–98.

Renz, M., Breithaupt, T. 2000. Habitat use of the crayfish Austropotamobius torrentium in small brooks and in Lake Constance, Southern Germany. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 356:139-154.

Reynolds, J. D. 2011. A review of ecological interactions between crayfish and fish, indigenous and introduced. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 401(10).

Reynolds, J., Souty-Grosset, C., Richardson, A. 2013. Ecological Roles of Crayfish in Freshwater and Terrestrial Habitats. *Freshwater Crayfish* 19(2): 197-218.

Roell, M. J., Orth, D. J. 1993. Trophic Basis of Production of Stream-Dwelling Smallmouth Bass, Rock Bass, and Flathead Catfish in Relation to Invertebrate Bait Harvest. *Transactions of the American Fisheries Society* 122: 46-62.

Rozkošný, R. (ed). 1980. Klíč vodních larev hmyzu. *Academia*. 524 s. Praha.

Sandlund, O., T., Museth, J., Øistad, S. 2016. Migration, growth patterns, and diet of pike (Esox lucius) in a river reservoir and its inflowing river. *Fisheries Research* 173: 53-60.

Stein, R. A. 1977. Selective Predation, Optimal Foraging, and the Predator-Prey Interaction Between Fish and Crayfish. *Ecology* 58: 1237-1253.

Sih, A., Crowley, P., McPeek,M., Petranka, J., Strohmeier, K. 1985. Predation, competition, and prey communities: A review of field experiments. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 269-311.

Svobodová, J., Douda, K., Štambergová, M., Picek, J., Vlach, P., Fischer, D. 2012. The relationship between water quality and indigenous and alien crayfish distribution in the Czech Republic: patterns and conservation implications. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 22(6): 776-786.

Svobodová, J., Vlach, P., Fischer, D., 2010. Legislativní ochrana raků v České republice a ostatních státech Evropy. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 52(4): 1-5.

Štambergová, M., Svobodová, J., Kozubíková, E. 2009. Raci v České republice. *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR*. Praha. 255 s.

Vlach, P. 2005. Vliv ekologických faktorů na strukturu ichtyocenóz a distribuci, migraci a růst ryb v malých vodních tocích v CHKO Křivoklátsko. Disertační práce, PřF UK Praha, 160 s (nepubl.).

Vlach, P., 2016. Závěrečná zpráva z monitoringu a mapování - sledování stavu vybraných evropsky významných lokalit ostatních bezobratlých, část rak kamenáč, nepublikováno, depon. in AOPK ČR, archiv autora.

Vlach, P. 2017. Invazní druhy raků v České republice. *Fórum ochrany přírody*. 03/2017

Vlach, P., Fischer, D., Hulec, L. 2009a. Microhabitat preferences of the stone crayfish Austropotamobius torrentium (Schrank, 1803). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 15: 394-395.

Vlach, P., Hulec, L. a Fischer, D. 2009b. Recent distribution, population densities and ecological requirements of the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in the Czech Republic. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 13: 394-395.

Vlach, P., Svobodová, J., Fischer, D. 2012. Stone crayfish in the Czech Republic: how does its population density depend on basic chemical and physical properties of water?. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 407(05).

Vlach, P., Švátora, M., Dušek, J. 2013. The food niche overlap of five fish species in the Úpoř brook (Central Bohemia). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 411(04).

Vlček V., Kestřánek J., Kříž H., Novotný S., Píše J. 1984. Zeměpisný lexikon ČSR Vodní toky a nádrže. *Academia* 316 s., Praha.

Welton, J., S., Mills, C. A., Pygott, J., R. 1991. The effect of interaction between the stone loach *Noemacheilus barbatulus* (L.) and the bullhead *Cottus gobio* (L.) on prey and habitat selection. *Hydrobiologia* 220: 1-7.

Wolter, C., Vilcinskas, A. 1997. Characterization of the typical fish community of inland waterways of the north-eastern lowlands in Germany. *Regulated Rivers Research & Management* 13: 335-343.

9 Přílohy

Příloha 1: Seznam lokalit vybraých k ichtyologickému průzkumu suvedením GPS souřadnic

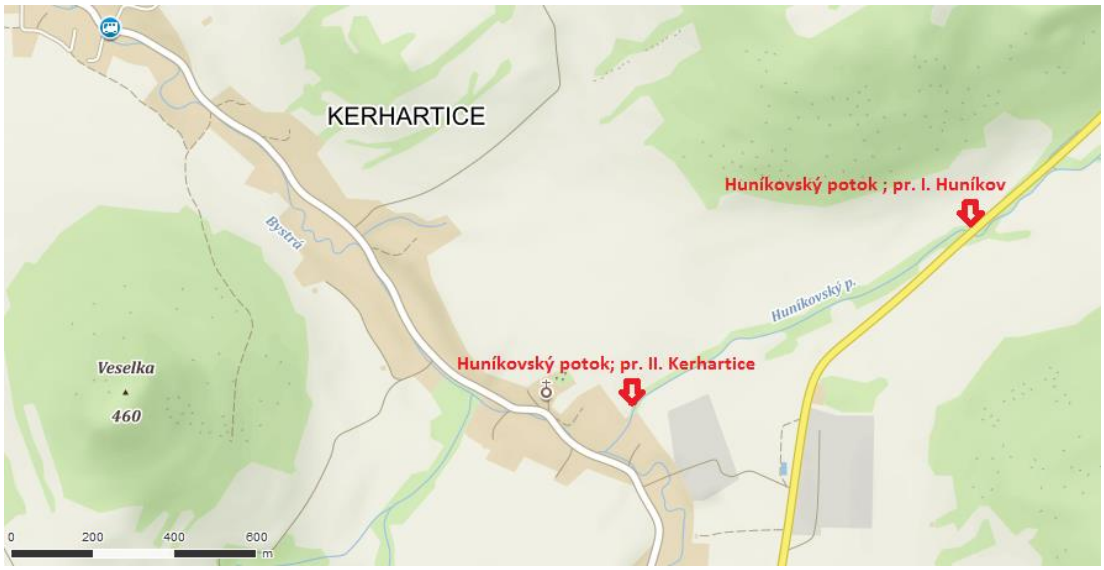
Tok	Profil	GPS souřadnice
Bojovka	I. Číčov	49.6310036N, 13.6913981E
	II. Těnovice	49.6162586N, 13.6442125E
Bradava	I. Bílý potok	49.6210497N, 13.7318725E
	II. Vlkov	49.6254333N, 13.5637297E
	III. Hořehledy	49.6074531N, 13.6428589E
Huníkovský potok	I. Huníkov	50.7745036N, 14.4141028E
	II. Kerhartice	50.7700800N, 14.4017003E
Luční potok	I. Rudník	50.5786514N, 15.7373236E
	II. Mostek	50.5795847N, 15.7422267E
Mešenský potok	I. Příkosice	49.6534517N, 13.6516217E
	II. Vísky	49.6462156N, 13.6732817E
Mítovský potok	I. Drahota	49.5750161N, 13.6965678E
	II. Mítov	49.5911742N, 13.6726889E
Padrťský potok	I. Pod mostem	49.6902125N, 13.7722339E
	II. Tři trubky	49.7043417N, 13.7913742E
Přešínský potok	I. Žďár	49.5524106N, 13.5775903E
	II. Louňová	49.5627178N, 13.6198253E
Radbuza	I. Mostek	49.5428094N, 12.6729906E
	II. Rybník	49.5216050N, 12.6813061E
Stroupínský potok	I. Hředle	49.8981194N, 13.9347906E
Trojhorský potok	I. přítok Trojhorského p.	50.5907128N, 14.2084939E
	II.Trojhorský p.	50.5908217N, 14.2076572E
Úpoř	I.	49.9660772N, 13.8030250E
	II.	49.9648350N, 13.8079175E
	III.	49.9684372N, 13.8272294E
Zákolanský potok	I. Běloky	50.1299756N, 14.2201561E
	II. Středokluky	50.1370317N, 14.2331542E
Zlatý potok (Příchovický)	I. Luh	49.5187644N, 13.3974439E
	II. Horšice	49.5298992N, 13.3922928E

Příloha 2: Mapa s vyznačením profilů vybraných v rámci toku Bojovka (zdroj: mapy.cz, 2018)

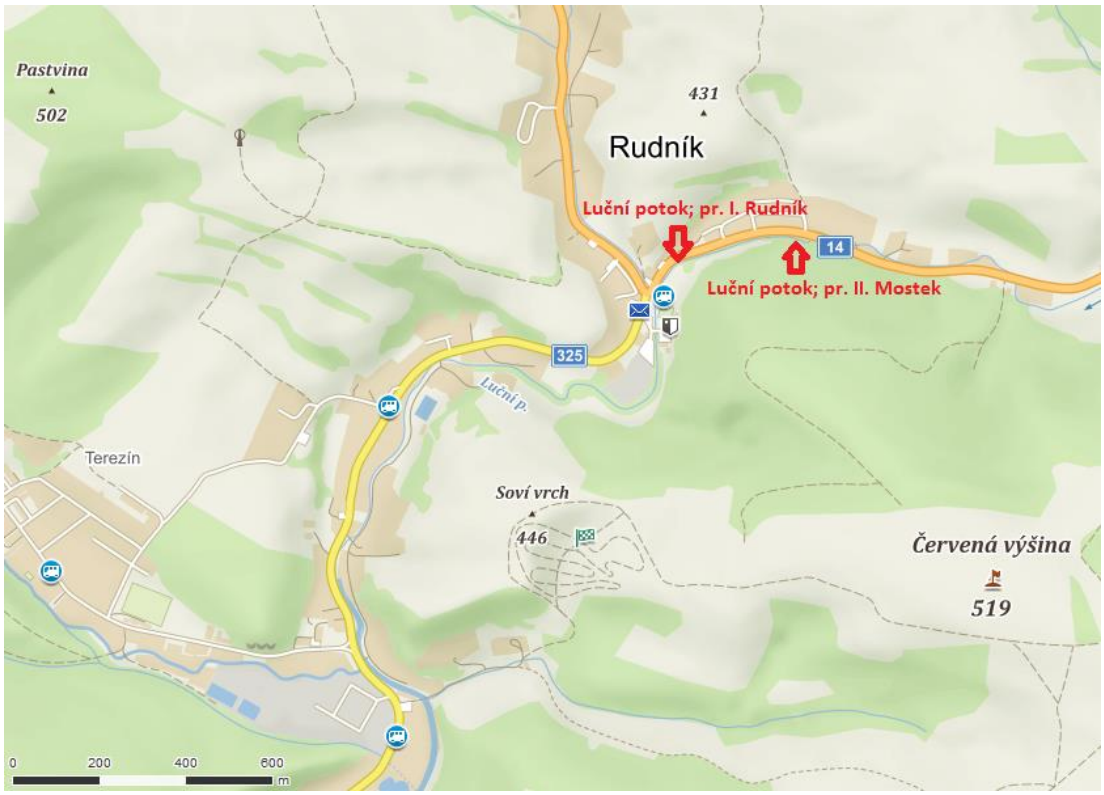
Příloha 3: Mapa s vyznačením profilu I. Bílý potok na Bradavě (zdroj: mapy.cz, 2018)

Příloha 4: Mapa s vyznačením profilu II. Vlkov a III. Hořehledy na Bradavě (zdroj: mapy.cz, 2018)

Příloha 5: Mapa s vyznačením profilů na Huníkovském potoce (zdroj: mapy.cz, 2018)



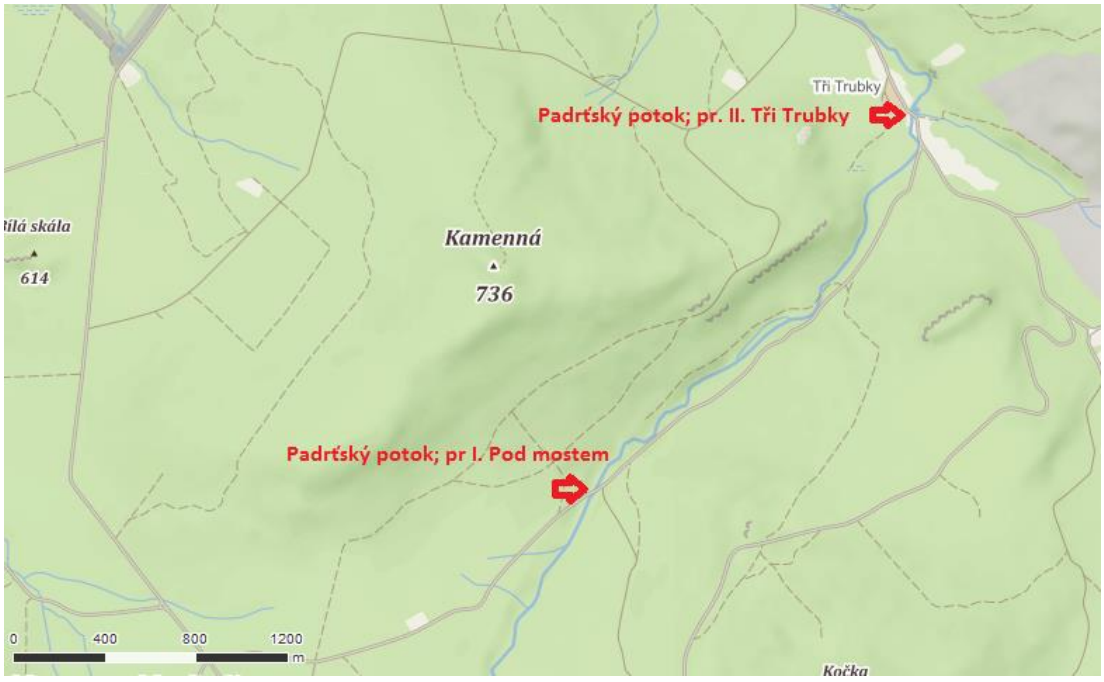
Příloha 6: Mapa s vyznačením profilů vybraných v rámci Lučního potoka (zdroj: mapy.cz, 2018)



Příloha 7: Mapa s vyznačením profilů vybraných na Mešenském potoce (zdroj: mapy.cz, 2018)

Příloha 8: Mapa s vyznačením profilů vybraných v rámci Mítovského potoka (zdroj: mapy.cz, 2018)

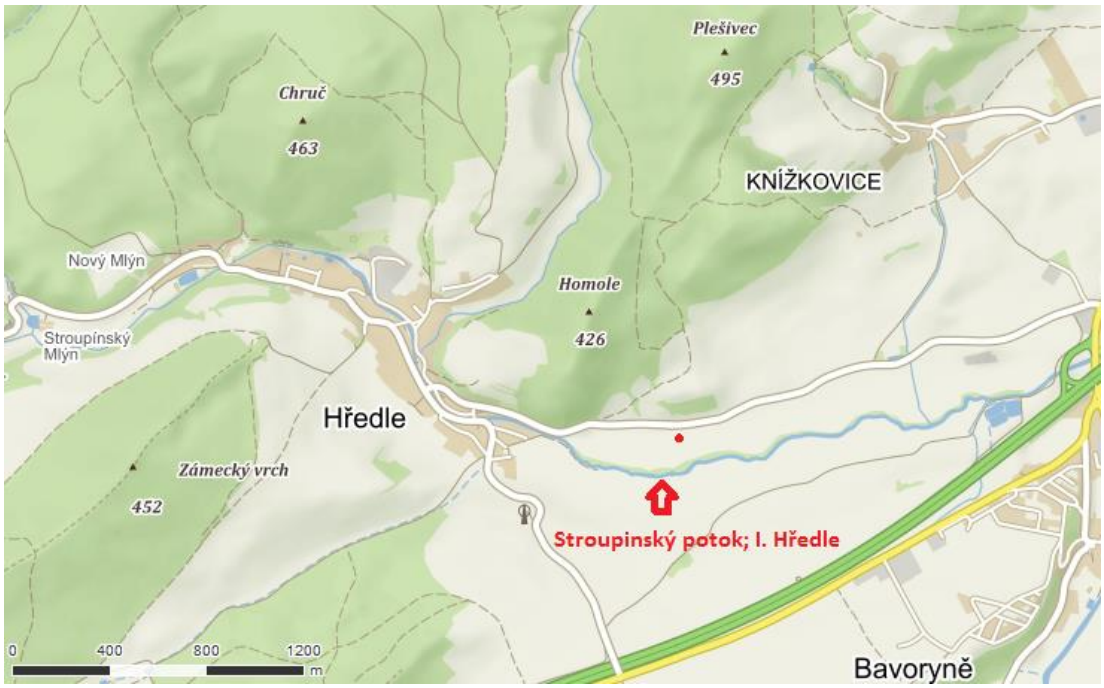
Příloha 9: Mapa s vyznačením profilů vybraných v rámci Padrťského potoka (zdroj: mapy.cz, 2018)



Příloha 10: Mapa s vyznačením profilů vybraných na Přešínském potoce (zdroj: mapy.cz, 2018)

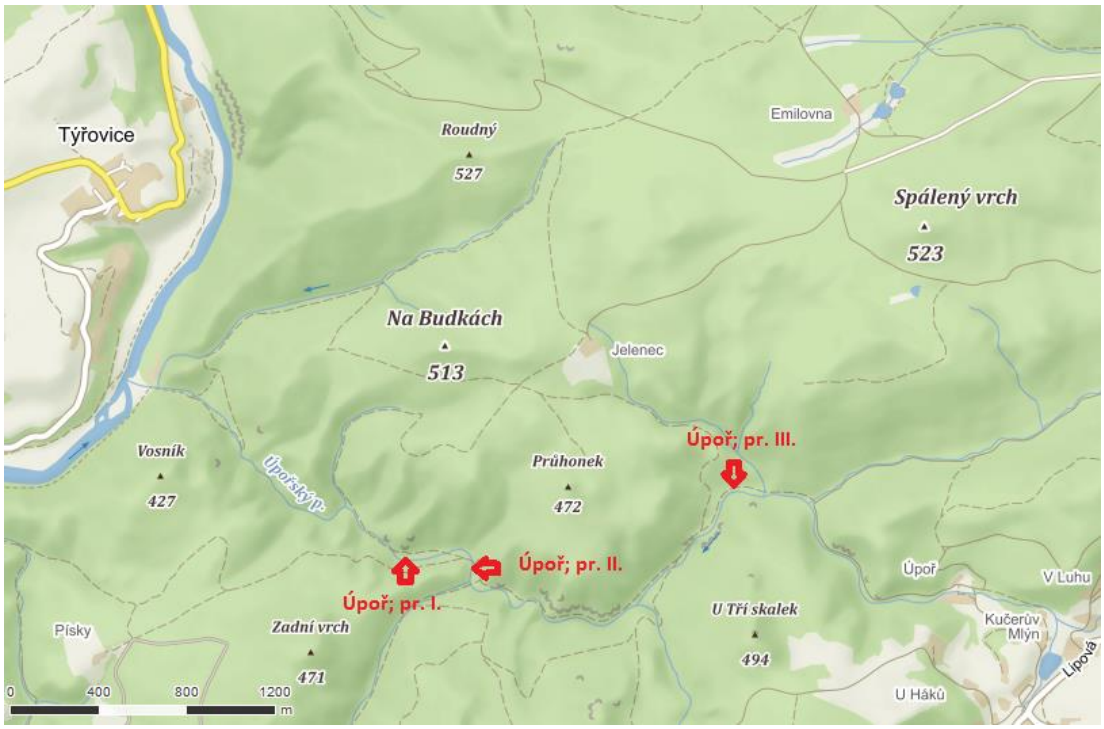
Příloha 11: Mapa s vyznačením profilů vybraných v rámci Radbuzy (zdroj: mapy.cz, 2018)

Příloha 12: Mapa s vyznačením profilu na Stroupínském potoce (zdroj: mapy.cz, 2018)



Příloha 13: Mapa s vyznačením profilů vybraných v rámci Trojhorského potoka (zdroj: mapy.cz, 2018)

Příloha 14: Mapa s vyznačením profilů vybraných na Úpořském potoce (zdroj: mapy.cz, 2018)



Příloha 15: Mapa s vyznačením profilů vybraných v rámci Zákolanského potoka (zdroj: mapy.cz, 2018)

Příloha 16: Mapa s vyznačením profilů na Zlatém potoce (zdroj: mapy.cz, 2018)

Příloha 17: Tabulka se zastoupením hlavních složek potravy (%) analyzovaných druhů ryb

složky potravy	detrit	rostlinné zbytky	Mollusca	A. torrentium	Diptera	Ephemeroptera	Trichoptera	Megaloptera	Neuroptera	Plecoptera	neurčeno L	nálet	ostatní
druh	%												
mřenka obecná	15	0,6			40	34						6,5	4,2
kapr obecný	28	21			18	8,9	12					12	
vranka obecná	5				41	20	8,5				7,1	18	
hrouzek obecný	8,3				86	0,6						4,8	
mník jednovousý	49	4,3	3,4	26	6,3	10		0,3				0,3	
okoun říční	2,5	6,4	0,4		43	22	3,6	0,9		5,6	6,4	8,9	0
plotice obecná	34	17	1,2		29	1,2	11				1,4	3,1	2,1
jelec tloušť	12	22	8,8	17	2,8	2,6	7,7				5,8	22	
pstruh obecný	3,8	0,6	2,6	1,4	22	17	14	0,5	0,1		0,2	37	0,5

Příloha 18: Tabulka s uvedením zastoupení jednotlivých čeledí vodních larev hmyzu (%) v potravě analyzovaných druhů ryb

vodní larvy hmyzu	Simuliidae	Chironomidae	Ceratopogonidae	Tipulidae	Limoniidae	Athericidae	Syrphidae	Diptera (blíže neurčeno)	Ephemeridae	Baetidae	Leptophlebiidae	Caenidae	Heptageniidae	Ephemeroptera (blíže neurčeno)	Limnephliidae	Hydropsychidae	Odontoceridae	Molanidae	Rhyacophilidae	Trichoptera (blíže neurčeno)	Megaloptera	Neuroptera	Plecoptera	blíže neurčeno
druh	%																							
mřenka	27,9	5,9	2,1			4,6				15,3				18,4										
kapr	9,5	8,2							2,2	3,4				3,3	5,8					6,6				
vranka	24,9	7,9			0,9			7,1	7,1	5,0			7,3	0,5		1,6			5,6	1,4				7,1
hrouzek	53,5	32,8								0,6														
mník	2,9	3,5							7,7	1,3				1,4							0,3			
okoun	34,6	5,5	0,7			2,2	0,4		0,8	9,4	0,5	3,7	3,4	4,0	2,8				0,4	0,4	0,9		5,6	6,4
plotice	3,7	0,9		14,1	1,4	2,2		6,4		0,5			0,7		5,9			4,7						1,4
tloušť	0,5	1,1	1,2										1,9	0,7	7,7									5,8
pstruh	17,7	3,2	0,2	0,4				0,5	1,3	4,2	0,2	2,6	5,8	2,9	10,2		0,4		0,3	3,7	0,5	0,1		0,2