

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

CENTRUM BIOLOGIE, GEOVĚD A ENVIGOGIKY

Vztah mezi úkrytovou kapacitou vodních toků a
populační ekologií raka kamenáče

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Jana Hachová

Biologie se zaměřením na vzdělávání

Vedoucí práce: RNDr. Pavel Vlach, Ph.D.

Plzeň 2014

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni dne.....

vlastnoruční podpis

Poděkování

Mé poděkování patří především RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D. za vedení práce, pomoc a dobré rady při vyhodnocování dat ve statistických programech a trpělivost. Nemenší dík pak za korekturu práce. Dále kolegovi Václavovi Popovi, se kterým jsme, každý v rámci své práce, spolupracovali při získávání dat v terénu.

ZADÁNÍ

Abstrakt

Cílem práce bylo zjistit, zda raci kamenáči o různých délkách preferují určitý typ stanoviště a zda se jejich preference liší v závislosti na toku či sezóně. Odchyt byl prováděn na desetimetrových úsecích 5 toků, kdy bylo pokaždé prohledáváno minimálně 20 úkrytů. Získané údaje byly vyhodnocovány pomocí statistického balíku NCSS.

Výzkum probíhal na 5 lokalitách na jižním Plzeňsku a Rokycansku v červenci, srpnu a říjnu roku 2013. U odchycených raků byla změřena jejich délka a parametry (průměr kamene, hloubka) jejich úkrytu.

Klíčová slova: rak kamenáč, *Austropotamobius torrentium*, úkryt, preference

Abstract

The purpose was to determine if stone crayfishes with difference length prefers some specific type of habitat and if their preferences are dependent on the stream or on the season. Stone crayfishes were caught manually within 10 m of the length of a stream. There were searched at least 20 potential shelters.

All obtained data were then evaluated using the statistical package NCSS.

The research was conducted at five locations on the south of Pilsen and Rokycansko in July, August and October 2013. At the caught stone crayfishes were measured a length and parameters (diameter of stone, depth) of their hiding place.

Keywords: stone crayfish, *Austropotamobius torrentium*, shelter, preferences

OBSAH

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod | 7 |
| 1.1 | Raci v ČR | 7 |
| 1.2 | Morfologie raků | 7 |
| 1.3 | Rozmnožování raků | 8 |
| 1.4 | Potrava raků | 9 |
| 1.5 | Rak kamenáč | 9 |
| 1.6 | Znaky raka kamenáče | 10 |
| 1.7 | Přírodní podmínky výskytu | 10 |
| 1.8 | Legislativa, příčiny ohrožení | 11 |
| 1.9 | Rozšíření v Evropě | 12 |
| 1.10 | Rozšíření v České republice | 13 |
| 1.11 | Využití úkrytů | 13 |
| 2 | Metodika | 15 |
| 2.1 | Charakteristika toků | 15 |
| 2.1.1 | Hrádecký potok | 15 |
| 2.1.2 | Rakovský potok | 16 |
| 2.1.3 | Chocenický potok | 17 |
| 2.1.4 | Přešínský potok | 18 |
| 2.1.5 | Zlatý (Příchovický) potok | 19 |
| 2.2 | Metody práce v terénu | 20 |
| 2.3 | Metody vyhodnocení dat | 21 |
| 3 | Výsledky | 23 |
| 3.1 | Délka populací raků na jednotlivých lokalitách | 23 |
| 3.2 | Délka populací raků v jednotlivých sezónách | 24 |
| 3.3 | Struktura úkrytů | 25 |
| 3.3.1 | Velikostní kategorie kamenů na jednotlivých lokalitách | 25 |
| 3.3.2 | Hloubková struktura na jednotlivých lokalitách | 27 |
| 3.4 | Vztah velikosti kamene a délky raka | 29 |
| 3.5 | Preference úkrytů pod kameny | 30 |
| 3.5.1 | Úkryt pod kameny v závislosti na sezóně | 30 |
| 3.5.2 | Úkryt pod kameny na jednotlivých tocích | 31 |
| 3.6 | Vztah hloubky a délky raka | 32 |
| 3.7 | Preference hloubky | 33 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.7.1 | Úkryt v hloubce v závislosti na sezóně | 34 |
| 3.7.2 | Úkryt v hloubce na jednotlivých tocích | 35 |
| 4 | Diskuze | 37 |
| 5 | Závěr..... | 39 |
| 6 | Seznam literatury | 40 |

1 Úvod

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium* Schrank, 1803) je jedním z pěti druhů raků obývajících vody České republiky (Kozák a kol., 2002). Raci byli až do první poloviny 19. století hojně rozšířeným taxonem. S rozšířením průmyslové výroby a s tím spojeným vypouštěním odpadu do vod se počet raků velmi výrazně snížil (Spitzky, 1973). Největším problémem a výraznou příčinou úbytku populací raků bylo zavlečení račího moru na konci 19. století.

1.1 Raci v ČR

Na počátku 30. let 20. století byla zavedena opatření proti úbytku raků na našem území. Odchyt byl povolen pouze s rybářským lístkem. Odchyt samců byl zakázán v období od 1. listopadu do 30. dubna. Odchyt samic potom od 1. listopadu do 30. června. Lov a prodej samic s vajíčky byl zakázán celkově. Tato opatření platila pro 3 původní druhy na našem území, raka říčního (*Astacus astacus* Linnaeus, 1758), raka kamenáče a raka bahenního (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) (Štěpán, 1932, 1933, 1934). Invazními druhy vyskytující se v České republice jsou rak pruhovaný (*Orconectes limosus* Rafinesque, 1817), rak signální (*Pacifastacus leniusculus* Dana, 1852) a rak bahenní (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823).

1.2 Morfologie raků

Raci jsou jedni z největších vodních bezobratlých. Patří mezi korýše (Crustacea). Jejich měkké tělo je kryto krunýřem, který je vylučován pokožkou a tvoří vnější kostru těla. Krunýř slouží jako ochrana a opora pro úpon svalů. Pevná chitinová kutikula z uhličitanu vápenatého a fosforečnanu vápenatého je v určitých intervalech svlékána (*ekdyse*). Tento proces je řízen hormony a vytváří se při něm nová kutikula. Původní kutikula praská a rak z ní postupně vylézá. Nová kutikula je zpočátku měkká, rak v tomto období roste a je zranitelný. Postupně se krunýř znovu inkrustuje díky gastrolitům (čočkovitá bělavá tělíska vytvářející se v žaludku několik dní před ekdysí). Raci mají vysokou schopnost regenerace, díky které jim po několika svlékání opět dorostou (ne však do původní velikosti) ztracené končetiny (Štambergová a kol., 2009).

Tělo se skládá ze dvou částí: hlavohruď (*cephalothorax*) a článkovaného zadečku (*abdomen*), který je zakončen ocasní ploutvičkou (*telson+uropod*). Svrchní část

hlavohruď je kryta hlavohrudním štítem (*carapax*), který vybíhá ve výběžek (*rostrum*). Tvar a přítomnost rostra jsou druhově specifické znaky, které pomáhají při determinaci. Složené oči po stranách jsou nesené na pohyblivých stopkách. Za očima se nachází postorbitální lišty (1 - 2 páry). Po stranách těla je karapax volný a vzniká tak prostor pro umístění žaber (Štambergová a kol., 2009).

Z každého článku těla (vyjma prvního a posledního článku) vyrůstá pár končetin.

Na hlavové části hlavohruď se nachází krátká tykadla 1. páru (*antenuly*), které mají u báze uložen rovnovážný orgán (*statocysta*). Při převrácení raka změni svou polohu drobné částice (*statolity*), které jsou uloženy ve statocystě, narazí do obrvené výstelky a informace o poloze jsou pomocí nervů přeneseny do nervové uzliny. Dále se na hlavové části nachází dlouhá tykadla 2. páru (*anteny*), které jsou na bázi porostlé drobnými brvami obsahujícími čichové buňky, kusadla (*mandibuly*) a dva páry čelistí (*maxily*).

Hrudní část nese osm párů přívěšků. První tři páry krátkých příústních nožek (*maxilopody*) usnadňují manipulaci s potravou, a pět párů končetin (*pereiopody*). První pár pereiopodů je zakončen mohutnými klepety, další čtyři páry fungují jako kráčivé končetiny. Druhý a třetí pár nese drobná klepítka, čtvrtý a pátý pár je zakončen drápkem (Štambergová a kol., 2009).

Zespodu každého zadečkového článku vyrůstá jeden pár drobných dvouvětvitých nožek (*pleopody*). U samců slouží první a druhý pár (*gonopody*) ke kopulaci, u samic je první pár zakrnělý. Nohy šestého článku (*uropody*) jsou ploché. Na posledním článku (*telson*) se nachází řitní otvor. Společně s nožkami tvoří telson ocasní ploutvičku, kterou raci využívají k rychlému úniku při ohrožení (Štambergová a kol., 2009).

1.3 Rozmnožování raků

Chování v období reprodukce je řízeno hormonálně a projevuje se zvýšenou aktivitou jedinců, kdy pohlavně dospělí raci aktivně vyhledávají páření schopného partnera. Významnou podmínkou pro takovéto chování je vhodná teplota vody, délka doby denního světla – fotoperioda (Stephes, 1952; Dubé a Portelance, 1992; Reynolds, 2002). V našich podmínkách jsou raci schopni se pářit v období podzimu. Při páření samec přetočí samici na hřbetní stranu a přilepuje zralé spermatofoxy vytlačené z pohlavních cest na bázi 5. páru kráčivých končetin na břišní stranu samice v blízkosti 3. páru pereiopodů, kde ústí její pohlavní cesty. Oplození u raků je vnější, samice klade vajíčka do dutiny, která vznikne po přitažení zadní části abdomenu k přední části, následně

dojde k narušení spermatoforových obalů a dojde k samotnému oplození. Díky rytmickým pohybům abdomenu jsou oplozená vajíčka přichycena na pleopody samice. Vajíčka se u evropských druhů inkubují celou zimu, samička je nosí na pleopodech a chrání je před predátory, případná odumřelá vajíčka odstraňuje (Mason, 1970; Burton a kol., 2007). Samička nikdy nepožírá vlastní vajíčka (Gherardi, 2002), ale je znám kanibalismus samců i samic na vajíčkách cizích, a to i v rámci jednoho druhu (Burton a kol., 2007).

Na jaře následujícího roku se po prasknutí obalu vajíčka líhnou mláďata, která jsou ale nadále, po dobu několika hodin až dní, připevněna k matce pomocí telsonových vláken. Následně se mláďata na matku přichytí aktivně pomocí háčků na klepetech (Borisov a Tertitskaya, 2010). Tato schopnost byla u raků vyvinuta proto, aby se zabránilo případnému stržení malých mláďat proudem vody či útoku predátorů (Kozák a spol., 2013).

1.4 Potrava raků

Raci patří mezi všežravce. Fungují jako predátoři jiných vodních bezobratlých, zároveň jsou však loveni jinými živočichy. Nejvýznamnějšími složkami jejich potravy je detrit, řasy, vyšší vodní rostliny, bezobratlí živočichové (a to včetně raků) a ryby či jejich jikry. Složení potravy se mění v závislosti na stáří raka. Zatímco ráčata filtrují drobné vodní bezobratlé a seškrabávají vodní řasy, starší raci svou potravu, kterou tvoří zejména vodní rostliny jako je parožnatka a růžkatec, drtí (Kozák a kol., 2013).

Živočišnou složku raků tvoří hlavně mršiny, dokážou ale i lovit živou kořist, především larvy hmyzu, blešivce a další. Raci tvoří část potravy především lososovitých ryb, ptáků (racků, vran, volavek, ledňáčků), šelem. Ze šelem je hlavním predátorem norek americký (Fischer a kol. 2009), dále vydra říční a liška (Ackefors 1998 v Ďuriš 2005). Dokonce bylo pozorováno i lovení mladých jedinců larvami vážek (Ackefors 1998 v Ďuriš 2005).

1.5 Rak kamenáč

Rak kamenáč je společně s rakem říčním považován za původní druh raka vyskytujícího se v České republice (Vlach a kol., 2009b). A to i přes některé názory, že je výskyt raka kamenáče mimo koryto řeky Dunaj podmíněn činností člověka (Machino a Füreder, 2005).

1.6 Znaký raka kamenáče

Hlavohrudní krunýř je na povrchu hladký, zcela bez trnů. Za očima je přítomen pouze jeden pár postorbitálních lišt (stejně jako u nepůvodního raka pruhovaného), které jsou nízké a plynule se ztrácejí kaudálním směrem. Rostrum je krátké, obvykle se uvádí, že špička rostra má tvar rovnostranného trojúhelníku (Pöckl a kol., 2002). Na základě průzkumu mnoha jedinců z různých lokalit v Čechách lze usoudit, že toto tvrzení platí pouze pro malou část jedinců, ale faktem zůstává, že špička rostra u raka kamenáče je oproti špičce rostra raka říčního kratší a její báze širší.

Klepeta jsou celkem mohutná, široká a drsná na povrchu, jejich zbarvení se neliší od zbarvení těla, naopak jejich spodní strana je žlutě, béžově, narůžověle či světle oranžově zbarvená (na rozdíl od sytě červeně zbarvené spodní strany klepet raka říčního a raka signálního). Na jejich nepohyblivém prstu jsou dva málo výrazné hrbolky, u nedospělých jedinců jen jeden.

Rak kamenáč může dorůstat délky až 12 cm (Souty-Grosset a kol. 2006), ale častěji méně než 10 cm (Štambergová a kol., 2009).

1.7 Přírodní podmínky výskytu

Při mapování AOPK ČR se zjistilo, že toky osídlené rakem kamenáčem jsou přírodního charakteru, velmi časté jsou meandry nebo se na tocích střídají rovné a meandrující úseky. Vegetace podél těchto toků je ve většině případů tvořena smíšenými lesy nebo loukami, výjimkou však není ani výskyt druhu v obcích.

O rakovi kamenáčovi se často traduje, že je jedním z indikátorů čistých vod, můžeme se s ním ale setkat i v silně znečištěných vodách, nález raka je potvrzen i z toků znečištěných i komunálními odpady. Svobodová a kol. (2012), Vlach a kol. (2012) uvádějí, že rak bahenní a kupodivu i rak kamenáč snáší nižší kvalitu vody a vyskytují se i ve vodách středně znečištěných (beta-mezosaprobních).

Břehy toků s výskytem raka kamenáče jsou často porostlé keřovou či stromovou vegetací, jejíž kořeny zasahují do koryta, přirozeně tak zpevňují břehy a tvoří úkryty pro raka kamenáče.

Bohl (1987), který zkoumal habitat s rakem říčním a rakem kamenáčem, vyhodnotil jako nejvýznamnější na těchto lokalitách kořeny vegetace, jež zasahují do toku. Renz & Breithaupt (2000) uvádějí jako dominantní substrát na pěti lokalitách s rakem kamenáčem kameny, štěrk, ale i písek. Preferenci toků s kamenitým či balvanitým

dnem u raků zmiňuje i Vlach a kol. (2009). Důležitým faktorem není pouze přítomnost vhodných úkrytů v korytě toku, ale i rychlost proudění vody v této části toku. Raci jsou podle autorů nalézáni nejčastěji v tůních a klidných částech toku, oproti tomu v proudivých úsecích jsou jedinci nacházeni spíše vzácně a to i přes přítomnost možných úkrytů (Štambergová a kol., 2009).

Faktorem pro výskyt raků může být i vhodná teplota vody v tocích. Nejnižší letní teplota řek, ve kterých se vyskytuje rak kamenáč, se pohybuje mezi 11 – 14°C (Troschel a kol., 1995; Bohl, 1987). Rak kamenáč začíná být aktivní při 7°C. Limitní je pro jejich aktivitu teplota 5°C (Troschel and Dehus, 1993). Podle Svobodové a kol. (2012) mohou být raci aktivní i pod touto hranicí. Podle těchto autorů se nejvyšší teplota vody pohybuje mezi 21 a 27°C.

V jedné z prací (Vlach a kol., 2009) se autoři zabývají i vlivem nadmořské výšky na výskyt raka kamenáče. Podle jejich zjištění je nejvyšší nadmořská výška, ve které byl rak kamenáč v České republice nalezen, 640 m.n.m v Bílém potoce v Brdech. Raci byli nalezeni i v dalších brdských potocích v nadmořských výškách okolo 600 m. O něco později byl nahlášen i výskyt z Českého lesa, kde raci obývají Novosedlecký potok a to v podobné nadmořské výšce. Naopak nadmořská výška 235 m.n.m a Zákolanský potok je nejnižším bodem jejich výskytu. Většina toků se zaznamenaným výskytem raka kamenáče v České republice je v nadmořských výškách mezi 290 a 395 m.

Rak kamenáč se může vyskytovat i společně s dalšími druhy raků. Na devíti tocích byl nalezen ve společnosti s *Astacus asctacus* (Zubřina, Chocenický potok, Mítovský potok, řeka Bradava, Příkosický potok, Bzovský potok, Stroupinský potok, Zákolanský potok), v Padrťském potoce byl vedle raka kamenáče a raka říčního nalezen dokonce i *A. leptodactylus* (Vlach a kol., 2009).

1.8 Legislativa, příčiny ohrožení

Rak kamenáč je nejvíce ohrožený druh raka v České republice, je chráněný zákonem č.114/1992 Sb. Mezi zvláště chráněnými druhy patří do kategorie kriticky ohrožený. Nelze manipulovat s tímto druhem bez povolení Ministerstva životního prostředí ČR. Je zakázáno chytání, chov v zajetí, narušování, poškozování a zabíjení tohoto druhu. Zákonem č 114/1992 Sb. je chráněn nejen druh, ale i jejich přírodní a umělá stanoviště a biotopy.

Rak kamenáč je uveden jako chráněný druh i v příloze III Bernské úmluvy.

Na populace těchto dříve dominantních druhů bentické fauny však působí různé faktory, které negativně ovlivňují jejich početnost. Rakům výrazně škodí necitlivé zásahy, úpravy přirozených koryt a intenzivní rybnářství (Renz et Breithaupt 1999, Fischer a kol. 2004) predační tlak norka amerického (Fischer a kol. 2009), a také znečištění toků (Holdich 2002, Föderer a kol. 2003, Seiler et Turner 2004), přestože se ukazuje, že rak kamenáč má zřejmě k některým druhům znečištění větší toleranci, než se v minulosti soudilo (Demers a kol. 2006, Svobodová a kol. 2008, Svobodová a kol. 2012, Vlach a kol. 2012).

Za zcela zásadní nebezpečí je nutno považovat řasovku hnileček račí *Aphanomyces astaci* (tzv. račí mor), která v minulosti způsobovala a bohužel i nyní způsobuje úplné vymizení řady račích populací (Kozák et al. 2000a, Kozák et al. 2000b, Kozubíková a kol. 2008).

1.9 Rozšíření v Evropě

Výskyt raka kamenáče je znám z mnoha evropských zemí. Z Francie, Lucemburska, Švýcarska, Německa, Rakouska, České republiky, Slovenska, Maďarska, Rumunska, Slovinska, Chorvatska, Itálie (Machino, 1997, Holdich, 1998, Troschel, 1999).

V sousedních zemích je rak kamenáč nejhojnější v Rakousku a Německu. V Rakousku je známo 534 lokalit, které tvoří 46 % všech populací raků (Pöckl, 1999). V Německu je známo 141 lokalit (BOHL, 1987). Regiony v blízkosti řeky Rýn u Kolína nad Rýnem a severní přítoky Mohanu a Dunaje tvoří severní hranice rozšíření raka kamenáče v Evropě (Troschel a Dehus, 1993).

Na jihu uzavírá oblast rozšíření jižní oblouk Alp a pobřeží Jaderského moře až ke Skadarskému jezeru na pomezí Černé Hory a Albánie. Širokým pásem pokračuje přes Balkánský poloostrov a zasahuje až do Řecka k Soluňskému zálivu (Lohniský 1984a, Brtek 1992, Souty-Grosset a kol. 2006). Nově byl druh objeven i v evropské části Turecka (Harlioğlu & Güner 2007). Východní hranici rozšíření tvoří západní Rumunsko a západní Bulharsko (řeky Marica a Jantra) (Brtek 1992). V rámci areálu druhu byly nalezeny některé geneticky výrazně odlišné populace. Zajímavá je zejména genetická linie raka kamenáče nově objevená v povodí řeky Kupy (slovinsky Kolpa), kde by se mohlo jednat dokonce o nový druh (Trontelj a kol. 2005).

1.10 Rozšíření v České republice

Celkem nedávno byl rak kamenáč na našem území považován za téměř vyhynulý druh, jenž obývá převážně horní partie čistých kamenitých potoků (Holzer 2000, Policar & Kozák 2000), Podle revize Lohniského (1984a) a následného ověřování lokalit raka kamenáče Ďurišem a kol. (2001) byl jeho výskyt doložen na 4 lokalitách na celém území naší republiky. Díky zvýšenému zájmu o raka kamenáče v souvislosti s vytvářením podkladů pro soustavu Natura 2000, přibylo následně v letech 2000 - 2003 dalších 17 lokalit s potvrzeným výskytem především v povodí Úslavy, Úhlavy, Radbuzy a Klabavy (Fischer a kol. 2004a, b). V roce 2005 byl rak kamenáč zaznamenán i v povodí Střely.

Centrum výskytu raka kamenáče na našem území se dle dosavadního výzkumu nachází ve středních a západních Čechách. Některé izolované lokality jsou popsány z území CHKO České středohoří, Podkrkonoší a Domažlicka. V západních Čechách druh obývá i jeden z toků na hranicích s Německem, který jako jediný z lokalit výskytu raka kamenáče u nás náleží do povodí Dunaje. Rak kamenáč je v současnosti potvrzen ze 45 toků (Vlach a kol., 2009).

1.11 Využití úkrytů

Rak kamenáč vyhledává a obsazuje úkryty (Vorburger a Ribí 1999) a substrát potoka je tedy faktorem, stejně jako výskyt potenciálních úkrytů, který výrazně ovlivňuje jeho populace. Při případném nedostatku úkrytu si jedinci raka kamenáče dokážou hloubit nory v jílovitém substrátu (Machino a Füreuder 2005, Vlach a kol., 2009).

Streissl a Hödl (2002) zkoumali vztah mezi charakterem úkrytu a velikostí raka kamenáče. Podle této studie je vhodnost úkrytu dána především rychlostí proudění vody a šířkou kamene. Naopak výška kamene nemá žádný vliv na obsazení kamenů raky. Z jejich práce je zřejmé, že raci se vyhýbají úkrytům v místech, kde je rychlost proudu vody vyšší než $25 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ a dávají přednost kamenům s plochou větší než 300 cm^2 . Pravděpodobnost výskytu raka se pak výrazně zvýší při ploše kamene kolem 900 cm^2 .

Analýza ukázala, že kámen vhodný pro úkryt raka musí být nejméně $3,19 \times$ delší a $1,25 \times$ širší než je délka karapaxu raka. Nejvhodnější jsou kameny, jejichž délka není výrazně rozdílná oproti šířce. Zajímavé je zjištění, že zatímco větší samci vyhledávají větší kameny, u samic toto tvrzení neplatí. Jestliže o neobsazený úkryt mají zájem dva jedinci, většinou ji obsadí větší rak (Vorburger a Ribí 1999). Streissl a Hödl (2002) se

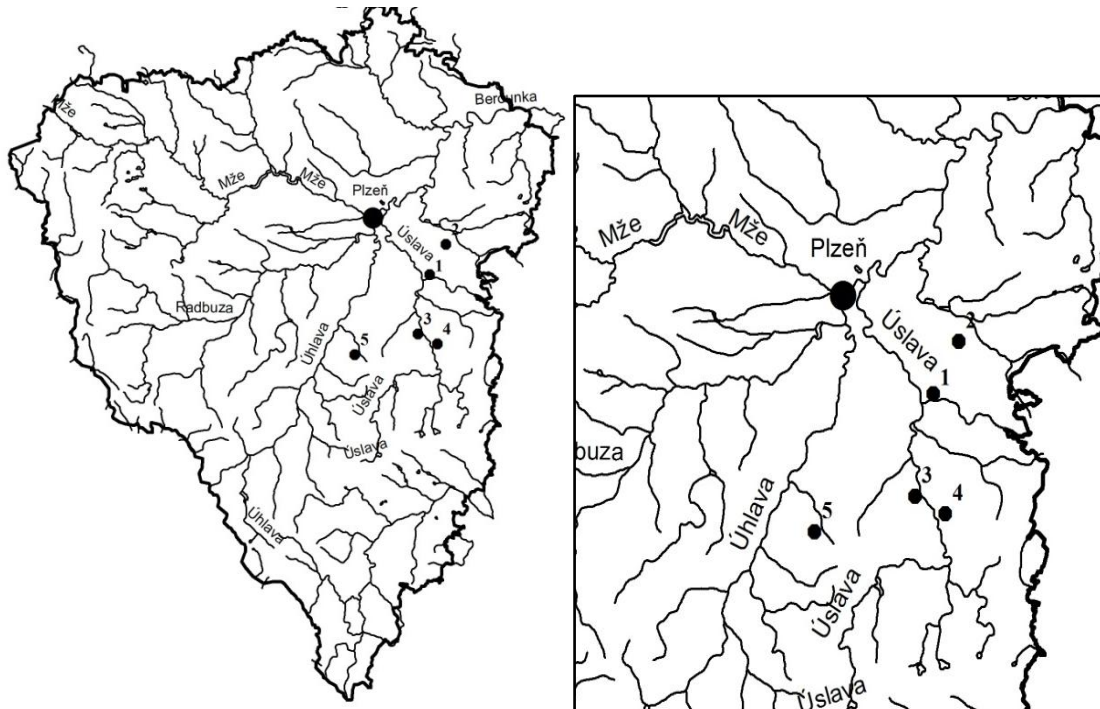
zabývali i tím, zda má na úkryt raka vliv hloubka vody. Došli ke zjištění, že hloubka je zanedbatelná a neovlivňuje přítomnost raka.

2 Metodika

Vztah mezi úkrytovou kapacitou vodních toků a populační ekologií raka kamenáče byl sledován na 5 tocích na jižním Plzeňsku a Rokycansku.

2.1 Charakteristika toků

Výzkum byl prováděn na Hrádeckém, Rakovském, Chocenickém, Přešínském a Zlatém (Příchovickém) potoce.



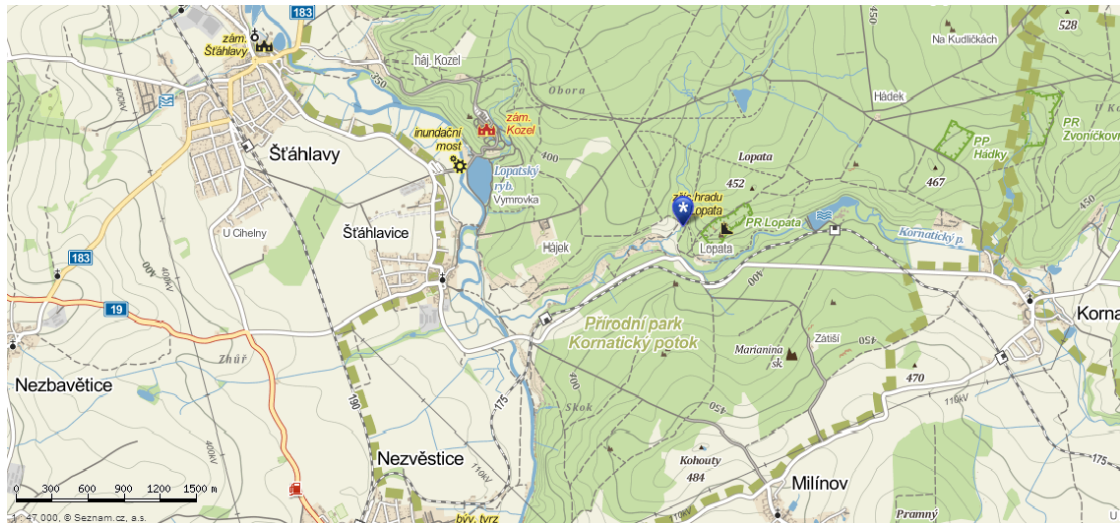
Obr. 1: Mapa Plzeňského kraje se znázorněnými lokalitami. 1 – Hrádecký potok, 2 – Rakovský potok, 3 – Chocenický potok, 4 – Přešínský potok, 5 – Zlatý (Příchovický) potok

2.1.1 Hrádecký potok

Pramen Hrádeckého potoka se nalézá v obci Raková, která leží v Plzeňském kraji 4 km jižně od města Rokycany. Je pravostranným přítokem Kornatického potoka a délka celého jeho toku činí 4,2 km. Zeměpisné souřadnice prohledávané lokality jsou 49°39'51.778" s.š. a 13°33'9.582" v.d..

Hrádecký potok je na lokalitě poměrně rychle proudivý, šířka koryta je zde v průměru 4,5 m, potok je zanořen 1,5 m pod okolní terén. Na levém břehu se nachází obhospodařovaná louka pravý břeh je pak mírně svažité a porostlý vegetací. Roste zde Trnka obecná (*Prunus spinosa*), bez černý (*Sambucus nigra*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), kuklík městský (*Geum urbanum*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*),

chrasice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), kakost smrdutý (*Geranium robertianum*),
bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*), tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*).

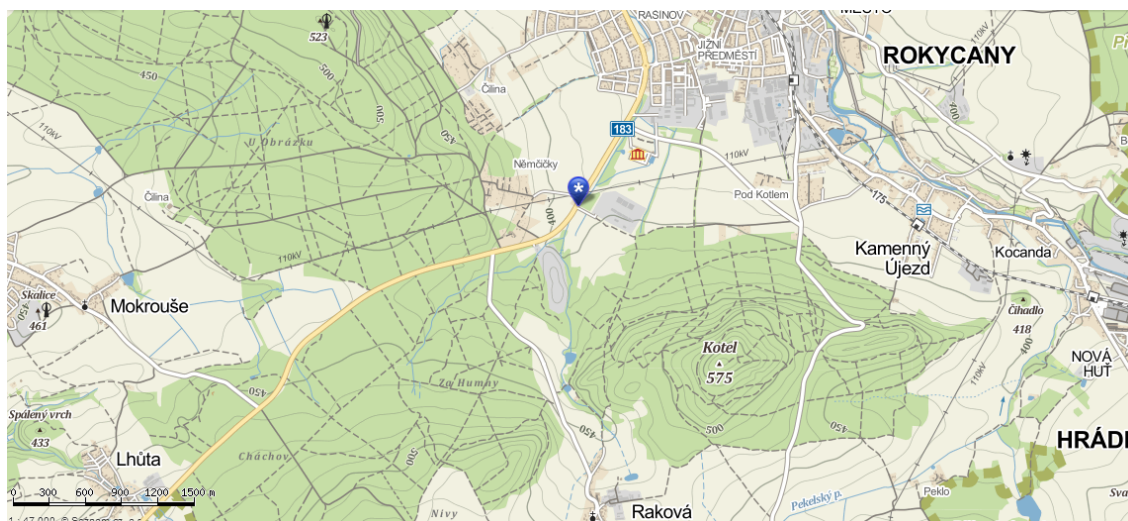


Obr. 2: Mapa Hrádeckého potoka s vyznačeným místem odchytu raků

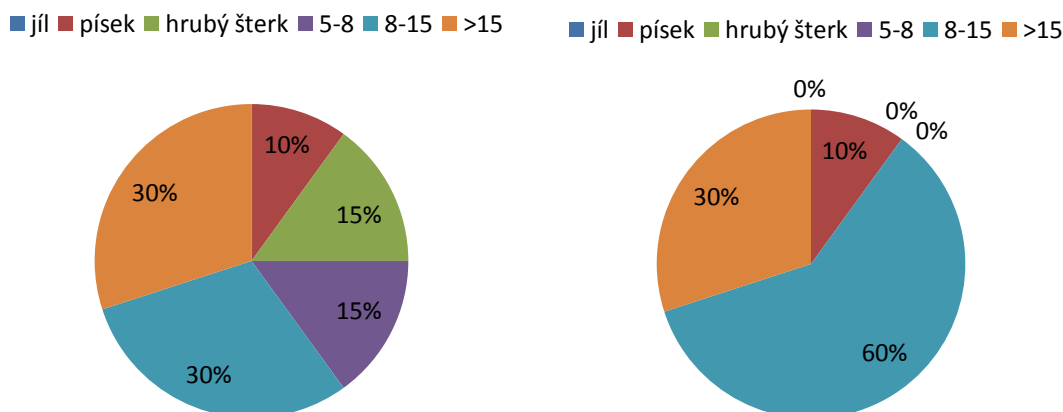
2.1.2 Rakovský potok

Rakovský potok pramení v obci Raková ležící 4 km na jih od Rokycan. Po 6 km toku se ve městě Rokycany zleva vlévá do řeky Klabavy. Lokalita se nachází na souřadnicích 49°43'23.147" severní šířky a 13°34'47.318" východní délky.

V místě odchytu je potok napřímený a proudící, 1,5 m pod okolním terénem, průměrná hloubka potoka je kolem 20 cm. Na levém břehu probíhá komunikace 2. třídy, která je od samotného potoka oddělena vegetací v šířce přibližně 15 m. Pravý a částečně i levý břeh je porostlý vegetací, ve které se mj. nachází javor mléč (*Acer platanoides*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) a netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*).



Obr. 3: Mapa Rakovského potoka s vyznačeným místem odchyty raků



Obr. 4: Znázornění složení substrátu koryta Hrádeckého a Rakovského potoka na lokalitě (Procentuální zastoupení jílu, písku, hrubého šterku a kamenů ve velikostech 5-8 cm, 8-15 cm a větších než 15 cm)

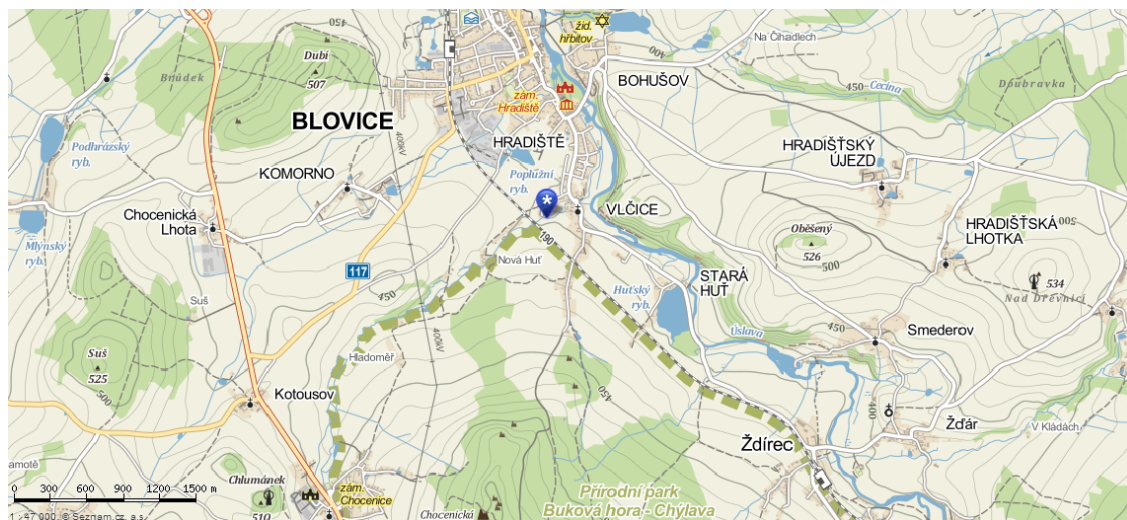
2.1.3 Chocenický potok

Je potok pramenící v obci Svárkov, která leží v Plzeňském kraji, a po necelých 11 kilometrech se ve městě Blovice zleva vlévá do řeky Úslavy. Na jeho toku se nachází dva rybníky, Mlýnský a Vejsovský.

Souřadnice lokality jsou 49°34'9.414" severní šířky a 13°32'33.383" východní délky.

Na lokalitě ve Vlčicích, které jsou částí města Blovice, je řeka pomalu proudící, zanořená přibližně 2 m pod okolní terén. Pravý břeh je prudce svažité, levý břeh je rovný, v některých místech nepatrně svažité. Průměrná šířka řeky na této lokalitě je přibližně 1,5 m. Hloubka je zde v průměru 20 cm. Vegetace je převážně nitrofilní, ve

velké míře zde roste bez černý (*Sambucus nigra*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*), netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*). Ze stromů má své zastoupení olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) a habr obecný (*Carpinus betulus*).

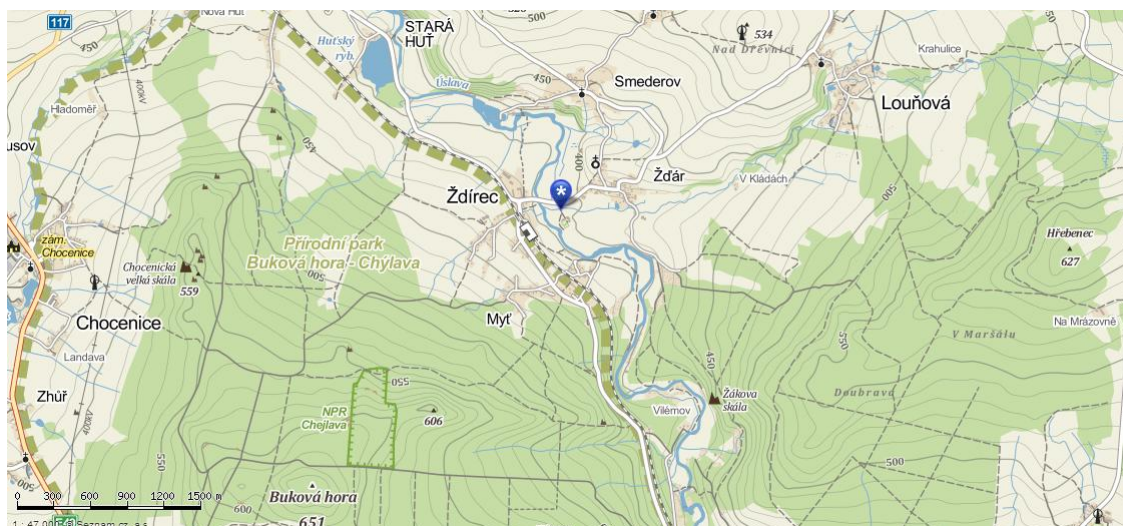


Obr. 5: Mapa Chocenickeho potoka s vyznačeným miestom odchytu raků

2.1.4 Přešínský potok

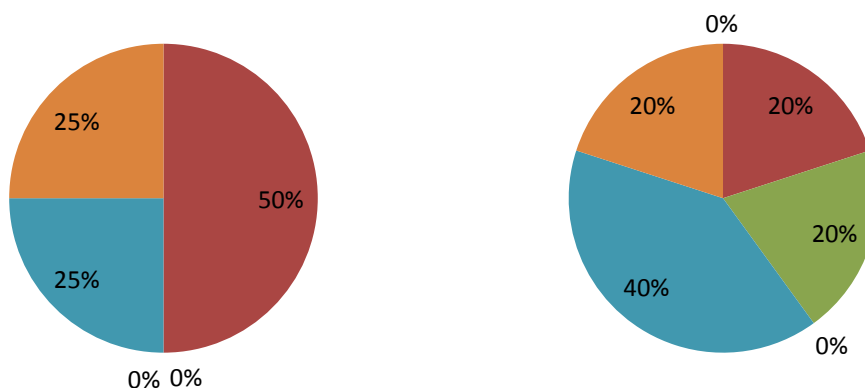
Přešínský potok pramení na samotě Mýtko, která leží severně od obce Přešín v okrese Plzeň – jih. Ve Ždírci se zprava vlevo do řeky Úslavy. Jeho délka je 6,4 km. Lokalita se nachází na zeměpisných souřadnicích 49°33'8.625" s. š. a 13°34'39.054"E v. d..

Odchyt probíhal ve Ždírci, který se nachází v okrese Plzeň – jih. Na této lokalitě je koryto řeky 1,5 m – 2 m pod úrovní terénu, široké v průměru 2,5 m a hluboké 25 cm. Na levém břehu se nedaleko nachází sportovní areál. Na pravém břehu probíhá komunikace III. třídy, která je od koryta vzdálená 30 m. Ze stromů zde roste olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), habr obecný (*Carpinus betulus*). Z ostatních rostlin zde roste převážně bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), svízel pětúľa (*Galium aparine*).



Obr. 6: Mapa Přešínského potoka s vyznačeným místem odchytu raků

■ jíl ■ písek ■ hrubý šterk ■ 5-8 ■ 8-15 ■ >15 ■ jíl ■ písek ■ hrubý šterk ■ 5-8 ■ 8-15 ■ >15

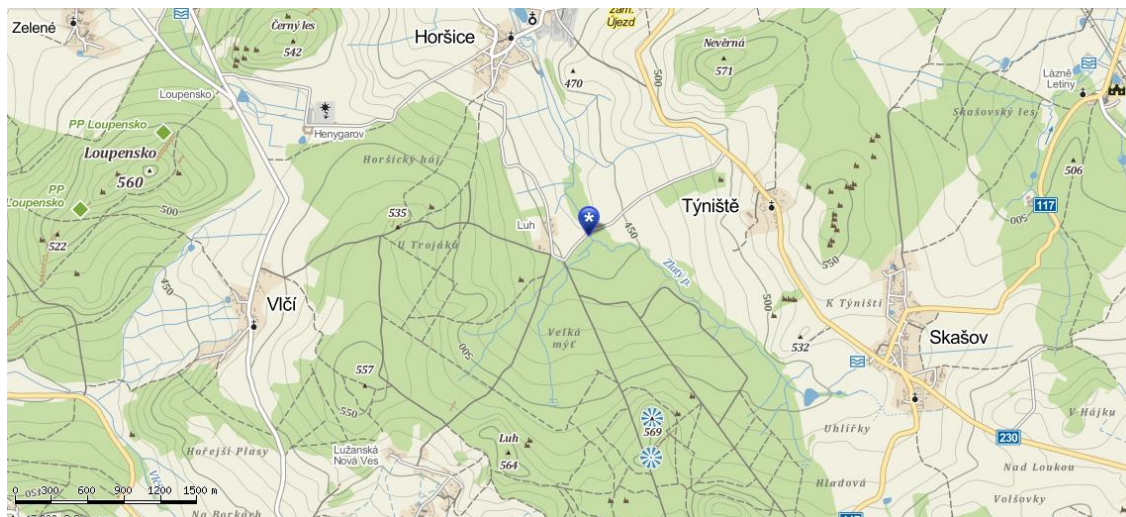


Obr. 7: Znázornění složení substrátu koryta Chocenického a Přešínského potoka na lokalitě (Procentuální zastoupení jílu, písku, hrubého šterku a kamenů ve velikostech 5-8 cm, 8-15 cm a větších než 15 cm)

2.1.5 Zlatý (Příchovický) potok

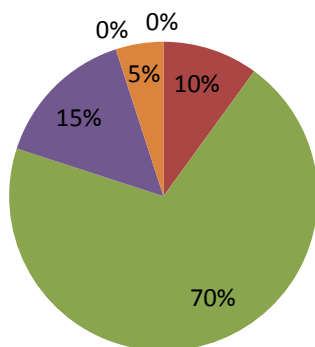
Zlatý (někdy také Příchovický) potok pramení u Skašova (okres Plzeň – jih) v nadmořské výšce necelých 600 m. n. m. Tok Zlatého potoka je dlouhý přibližně 15 km, následně se v nadmořské výšce 350 m zprava vlévá do řeky Úhlavy.

V místě odchytu raků je koryto potoka zhruba 1 m pod úrovní terénu, jeho šířka se pohybuje okolo 2 m a hloubka okolo 30 cm. Voda je proudící. Z dřevin zde roste především habr obecný (*Carpinus betulus*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*). Z bylin jsou nejčastějšími rostliny z čeledi miříkovitých (*Apiaceae*), konkrétně bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*).



Obr. 8: Mapa Zlatého (Příchovického) potoka s vyznačeným místem odchytu raků

■ jíl ■ písek ■ hrubý šterk ■ 5-8 ■ 8-15 ■ >15



Obr. 9: Znázornění složení substrátu koryta Zlatého (Příchovického) potoka na lokalitě (Procentuální zastoupení jílu, písku, hrubého šterku a kamenů ve velikostech 5-8 cm, 8-15 cm a větších než 15 cm)

2.2 Metody práce v terénu

Výzkum v terénu probíhal na 5 tocích na jižním Plzeňsku a Rokycansku v červenci, srpnu a říjnu roku 2013. Sběr dat zahrnoval metodu ručního prohledávání a byl jednotný na všech lokalitách. Nejdříve byl na toku vytyčen úsek o délce 10 m, který byl následně rozdělen po jednotlivých metrech. Na každém metru bylo v celé šířce toku zaznamenáno složení substrátu v procentech - procentuální zastoupení pěti velikostních kategorií kamenů (0-8 cm, 8-15 cm, 15-25 cm, 25-35 cm a kameny větší než 35 cm), šterku, písku a jílu. V tomto desetimetrovém úseku pak bylo prohledáno nejméně 20 úkrytů. Každý prohledaný úkryt byl změřen a zaznamenán (průměr kamene a hloubka, ve které byl kámen uložen), v případě přítomnosti raka v úkrytu byl rak odchycen a

vložen do předem označené nádoby tak, aby při měření bylo zřejmé, v jakém úkrytu byl rak nalezen. Na závěr, po prohledání vytyčeného úseku byli všichni odchycení raci změřeni a jejich délky byly zaznamenány k příslušnému kameni a hloubce.

Volně nalezení raci byli také změřeni a zaznamenáni, vzhledem k charakteru práce ale ve výsledcích nejsou zahrnuti.

Před opuštěním každé lokality byly pečlivě vydezinfikovány všechny pomůcky kvůli zamezení šíření případného račího moru na další lokality, jenž má na svědomí hromadné vymírání račích populací.

Tab. 1: Tabulka lokalit s přesnými daty odlovu raků v jednotlivých sezónách

| Potok | Sezóna | Datum |
|---------------------------|--------------|--------------|
| Hrádecký potok | Počátek léta | 3. 7. 2013 |
| | Léto | 22. 8. 2013 |
| | Podzim | 19. 10. 2013 |
| Rakovský potok | Počátek léta | 3. 7. 2013 |
| | Léto | 22. 8. 2013 |
| | Podzim | 19. 10. 2013 |
| Chocenický potok | Počátek léta | 4. 7. 2013 |
| | Léto | 23. 8. 2013 |
| | Podzim | 20. 10. 2013 |
| Přešínský potok | Počátek léta | 4. 7. 2013 |
| | Léto | 23. 8. 2013 |
| | Podzim | 20. 10. 2013 |
| Zlatý (Příchovický potok) | Počátek léta | 5. 7. 2013 |
| | Léto | 24. 8. 2013 |
| | Podzim | 21. 10. 2013 |

2.3 Metody vyhodnocení dat

Kameny byly dle průměru rozděleny do 5 velikostních kategorií tak, aby všechna nasbíraná data byla v těchto kategoriích zahrnutá. Průměrná velikost: 0-8 cm; 8-15 cm; 15-25 cm; 25-35 cm; > 35 cm. Stejně tak bylo stanoveno 5 kategorií pro hloubku: 0-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm; 15-20 cm; >20 cm. Pro přehlednost byly v tabulkovém editoru Microsoft Office Excel 2007 vytvořeny tabulky a grafy zastoupení parametrů na lokalitách.

Pomocí programu Calculation for the Chi-Square Test na internetových stránkách www.Quantpsy.org, byl χ^2 testem porovnáván i výskyt těchto parametrů. Test byl prováděn na 5% hladině významnosti.

Pro každý tok zvlášť byly zjištěny základní popisné charakteristiky, tzn. směrodatná odchylka, počet odchycených raků, průměrná délka raků a jejich minimální i maximální délka. Tytéž charakteristiky byly zjištěny i pro jednotlivá období odchyty.

Rozdíly mezi délkovou strukturou populací raků na jednotlivých lokalitách a v jednotlivých obdobích byly hodnoceny pomocí analýzy rozptylu (ANOVA).

K vyjádření preferencí byl použit index elektivity. Index zobrazuje preferenci jedinců k danému parametru prostředí poměrem relativních četností. Tento index byl počítán pomocí vzorce $E = (r - p) / (r + p - 2rp)$. Zde E je index elektivity, jenž nabývá hodnot v rozmezí od -1 (největší avoidance) do 1 (největší preference), r je četnost jedinců dané kategorie, kteří byli nalezeni v daném prostředí. A p je četnost dané kategorie prostředí (Gras a Saint-Jean 1982, Lott 2004).

3 Výsledky

Rak kamenáč byl nalezen na všech 5 prohledávaných lokalitách na jižním Plzeňsku a Rokycansku, tedy v Hrádeckém, Rakovském, Chocenickém, Přešinském i Zlatém (Příchovickém) potoce.

Při ručním prohledávání bylo odkryto 233 úkrytů a odchyceno 175 raků, u každého z nich byla zaznamenána jejich velikost a parametry jejich úkrytu. V Hrádeckém potoce bylo nalezeno 50 raků, v Rakovském potoce 44 jedinců, v Chocenickém potoce 23, v Přešinském 41 a ve Zlatém potoce 27 raků.

3.1 Délka populací raků na jednotlivých lokalitách

Nejprve byla vyhodnocena délková struktura všech populací na jednotlivých lokalitách.

Tabulka 2: Délková struktura populací na Hrádeckém, Rakovském, Chocenickém, Přešinském a Zlatém (Příchovickém) potoce. Směrodatná odchylka, počet odchycených raků, jejich minimální, maximální a průměrná délka.

| Lokalita | Hrádecký p. | Rakovský p. | Chocenický p. | Přešinský p. | Zlatý p. |
|--------------|-------------|-------------|---------------|--------------|----------|
| Průměr (mm) | 37,6 | 40,9 | 40,7 | 44,3 | 40,9 |
| SD | 12,7 | 14,26 | 10,53 | 15,43 | 12,55 |
| Minimum (mm) | 18 | 16 | 24 | 17 | 24 |
| Maximum (mm) | 69 | 64 | 73 | 90 | 74 |
| Počet raků | 50 | 44 | 23 | 41 | 27 |

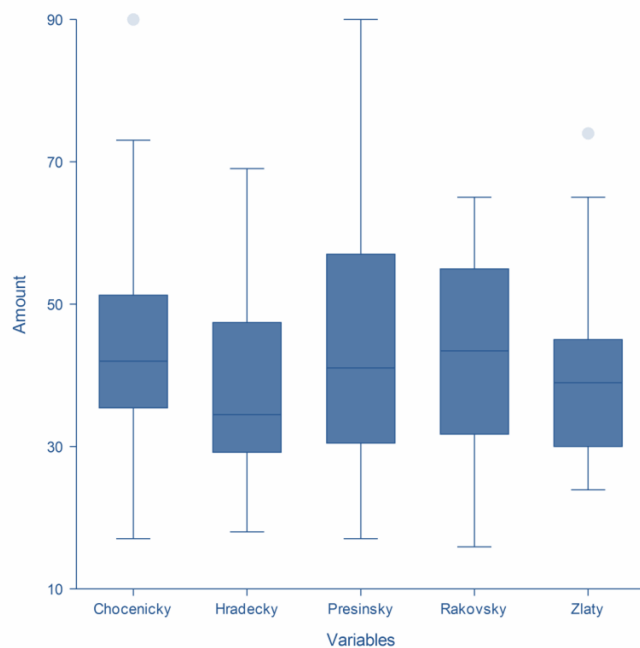
Na Hrádeckém potoce bylo odchyceno 50 raků, přičemž minimální délka raka byla 18 mm a maximální délka 69 mm. Průměrná délka raků odchycených na Hrádeckém potoce byla 37,6 mm.

V Rakovském potoce u Rokycan se podařilo odchytit celkem 44 raků. Délka nejmenšího raka byla 16 mm, délka největšího pak 64 mm. Průměrná délka všech raků odchycených v Rakovském potoce byla 40,9 mm.

V Chocenickém potoce ve Vlčicích bylo odchyceno 23 raků o průměrné délce 40,7 mm. Rak o minimální délce měřil 24 mm, délka největšího raka byla 73 mm. V Přešinském potoce bylo odchyceno celkem 41 raků, jejichž průměrná délka byla 44,3 mm. Minimální délka raka byla 17 mm, 90 mm byla maximální délka.

Ve Zlatém (Příchovickém) potoce u obce Luh bylo odchyceno 27 raků o průměrné délce 40,9 mm. Minimální délka raka v tomto potoce byla 24 mm, maximální 74 mm.

Jak bylo zjištěno analýzou, délková struktura populací se na lokalitách nelišila (ANOVA, $F= 1,82$, $P=0,125521$). Tyto výsledky jsou patrné i z obrázku 9.



Obr. 10: Délková struktura populací na Hrádeckém, Zlatém, Rakovském, Chocenickém a Přesínském potoce (lokalita, délka).

3.2 Délka populací raků v jednotlivých sezónách

Následně byla vyhodnocena i délková struktura raků odchycených v různých sezónách.

Tabulka 3: Délková struktura raků v červenci, srpnu a říjnu 2013. Směrodatná odchylka, počet odchycených raků, jejich minimální, maximální a průměrná délka.

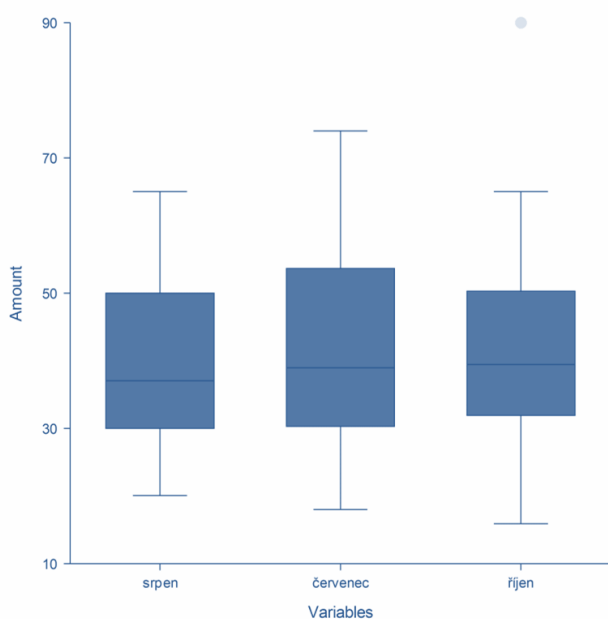
| Termín | červenec 2013 | srpen 2013 | říjen 2013 |
|--------------|---------------|------------|------------|
| Průměr (mm) | 41,7 | 39,8 | 40,8 |
| SD | 15,13 | 11,92 | 14,3 |
| Minimum (mm) | 18 | 20 | 16 |
| Maximum (mm) | 74 | 65 | 90 |
| Počet raků | 52 | 78 | 54 |

Jak vyplývá z tabulky č. 3, v červenci roku 2013 bylo na lokalitách odchyceno 52 raků, jejichž průměrná délka byla 41,7 mm, rak s minimální délkou měřil 18 mm a nejdelší rak měřil 74 mm.

Ve druhé polovině srpna bylo na všech pěti lokalitách odloveno celkem 78 raků. Minimální naměřená hodnota byla 20 mm, maximální pak 65 mm. Průměrná délka všech těchto raků byla 39,8 mm.

V říjnu bylo odchyceno a změřeno 54 raků, nejmenší naměřená délka byla 16 mm naopak největší délka 90 mm. Průměrná délka všech raků změřených v říjnu byla 40,8 mm.

Délková struktura vzorku se na v průběhu roku nelišila (ANOVA, $F=0,31$, $P=0,731$).



Obr. 11: Délková struktura populací raků odchycených v jednotlivých sezónách (červenec, srpen a říjen 2013).

3.3 Struktura úkrytů

Vzhledem k zadání práce bylo nutné zjistit úkrytovou kapacitu jednotlivých toků. Byly sledovány dva parametry. Velikost kamenů, které mohou být případně využity k úkrytu a hloubka, ve které se mohou raci nacházet.

3.3.1 Velikostní kategorie kamenů na jednotlivých lokalitách

Z obr. 12 vyplývá procentuální zastoupení velikostních kategorií kamenů prohledaných na lokalitách.

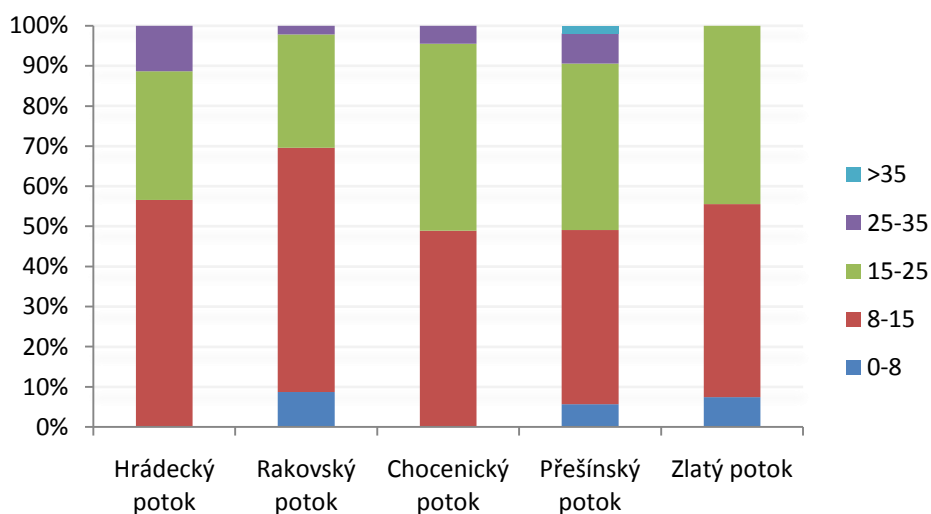
V Hrádeckém potoce byly z nejvíce prohledány kameny ve velikosti od osmi do patnácti centimetrů, o něco méně kameny v rozmezí mezi 15 a 25 cm a přibližně 12% tvořily kameny o průměru 25-35 cm.

V Rakovském potoce opět převládají kameny z kategorií 8-15 cm a 15-25 cm. Zbylých 10% pak tvoří kameny o velikosti 0-8 a 25-35 cm.

V Chocenicím potoce je naprosto vyrovnaný poměr mezi kameny velikosti 15-25 a 25-35 cm. Zbylá 4% jsou pak kameny od 25 do 35 cm.

V jediném potoce, a to v Přešínském, je přítomno všech 5 kategorií. Opět převládají kategorie 15-25 a 8-15 cm, přibližně 7% tvoří velikosti kamenů 25-35 cm zbytek další 2 kategorie.

Ve Zlatém potoce je poměr dvou nejvíce zastoupených kategorií vyrovnaný, nepatrné množství pak tvoří velikostní kategorie do 8 cm.



Obr. 12: Procentuální zastoupení 5 velikostních kategorií (cm) kamenů prohledaných na jednotlivých lokalitách. Hrádecký, Rakovský, Chocenicím, Přešínský a Zlatý potok.

Tabulka 4: Početní zastoupení velikostních kategorií kamenů prohledaných na jednotlivých lokalitách Hrádecký, Rakovský, Chocenicím, Přešínský a Zlatý potok.

| | Hrádecký potok | Rakovský potok | Chocenicím potok | Přešínský potok | Zlatý potok |
|-------|----------------|----------------|------------------|-----------------|-------------|
| 0-8 | 0 | 4 | 0 | 3 | 2 |
| 8-15 | 30 | 28 | 22 | 23 | 13 |
| 15-25 | 17 | 13 | 21 | 22 | 12 |
| 25-35 | 6 | 1 | 2 | 4 | 0 |
| >35 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

Skladba analyzovaných úkrytů je patrná z tabulky 4. Nejvíce zastoupené jsou kameny v kategoriích 8-15 a 15-25 cm. Nejméně pak kameny o průměrné velikosti nad 35 cm.

Kámen o takovéto velikosti byl nalezen a prohledán pouze na jedné lokalitě, kterou je Přešínský potok u Ždírcce.

Struktura analyzovaných úkrytů (tj. počet kamenů v jednotlivých velikostních kategoriích) se na jednotlivých lokalitách neliší (Yates' $\chi^2 = 13.259$, Yates' $P = 0.65373457$)

3.3.2 Hloubková struktura na jednotlivých lokalitách

Na obr. 13 je procentuálně vyjádřeno, jaká hloubka byla prohledávaná na lokalitách.

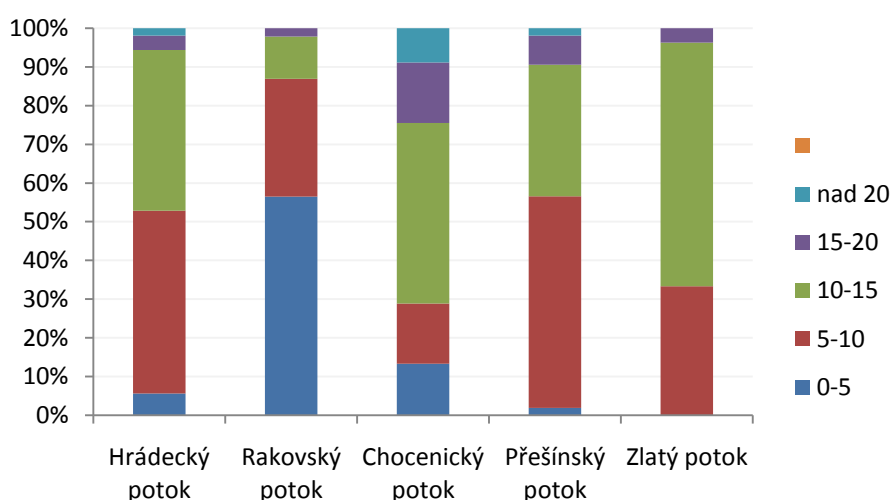
Na Hrádeckém potoce byla nejčastější hloubka od 5 do 15 cm. Asi 6% je zastoupena i hloubka menší než 5 cm. Hloubky 15-20 cm a větší byly zastoupeny zřídka, dohromady asi v 7%.

Rakovský potok je velmi mělký, z necelých 60% byly úkryty v hloubce do 5cm, kolem 30% pak v hloubce mezi 5-10 cm. Zbylé úkryty byly z 10% v hloubce mezi 10-15 cm a ze 2% v hloubce 15-20cm.

V Chocenickém potoce byly nejčastěji naměřeny hloubky v rozmezí mezi 10 a 15 centimetry, stejnou měrou jsou zastoupeny další 3 kategorie (0-5 cm, 5-10 cm a 15-20 cm). Necelých 10% patří hloubkám nad 20 cm.

Přešínský potok je z velké části hluboký od 5 do 15 cm, asi 8% je zastoupena hloubka od 15 do 20 cm, hloubky menší než 5 cm a větší než 20 cm se v podstatě nevyskytují.

Ve Zlatém (Přeštickém) potoce je hloubka mezi 5 a 15 cm. Zřídka pak hloubka mezi 15 a 20 cm. Jiné hloubky nebyly prohledávány vůbec.



Obr. 13: Procentuální zastoupení 5 hloubkových kategorií (cm) prohledaných na jednotlivých lokalitách. Hrádecký, Rakovský, Chocenický, Přešínský a Zlatý potok.

Tabulka 5: Početní zastoupení 5 hloubkových kategorií (cm) prohledaných na jednotlivých lokalitách. Hrádecký, Rakovský, Chocenický, Přešínský a Zlatý potok.

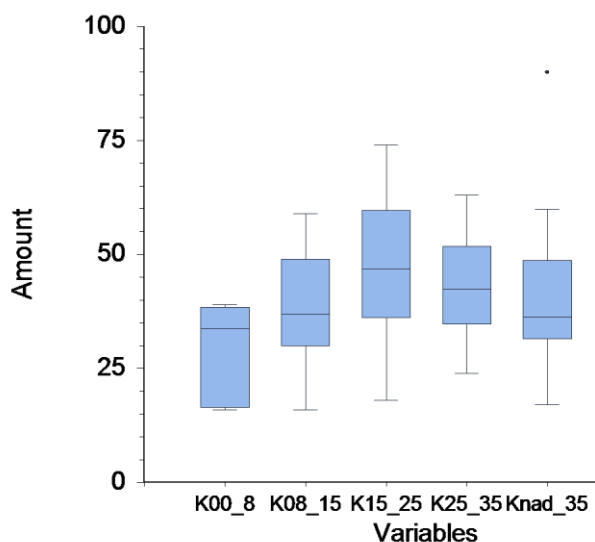
| | Hrádecký potok | Rakovský potok | Chocenický potok | Přešínský potok | Zlatý potok |
|--------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------------|-------------|
| 0-5 | 3 | 26 | 6 | 1 | 0 |
| 5-10 | 25 | 14 | 7 | 29 | 9 |
| 10-15 | 22 | 5 | 21 | 18 | 17 |
| 15-20 | 2 | 1 | 7 | 4 | 1 |
| nad 20 | 1 | 0 | 4 | 1 | 0 |

Skladba hloubkových kategorií a jejich zastoupení na jednotlivých lokalitách je patrná z tabulky č. 5. Nejčastěji jsou zastoupeny kategorie 5-10 cm a 10-15 cm. Nejmenší zastoupení mají dvě kategorie s největší hloubkou (15-20 cm a větší než 20 cm). Hloubka na lokalitách se liší (Yates' $\chi^2 = 90.309$, Yates' $P = 0$).

3.4 Vztah velikosti kamene a délky raka

Po zjištění délky populací na jednotlivých lokalitách a zastoupení vhodných úkrytů, bylo zapotřebí zjistit, zda je velikost raka faktorem ovlivňujícím velikost vyhledávaného úkrytu.

Jak vyplývá z analýzy, délková struktura raků ukrývajících se pod kameny určité velikosti se signifikantně lišila (ANOVA, $F=5,82$, $P=0,000051$).

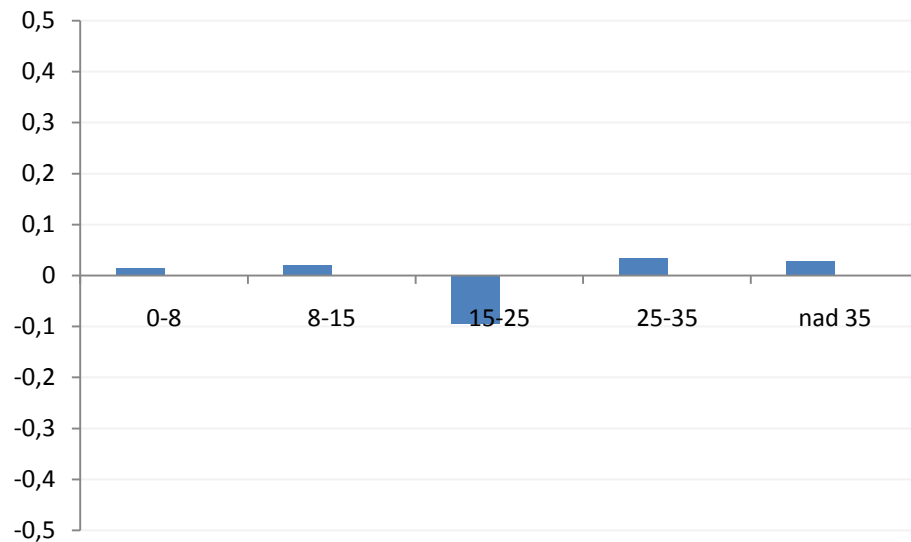


Obr. 14: Vztah délky raka k velikosti kamene. Velikosti kamenů 0-8 cm; 8-15 cm; 15-25 cm; 25-35 cm; >35 cm a délka raků pod nimi nalezených.

Je patrné (a významné), že průměrné velikosti raků se zvětšovaly až do velikostní kategorie 15-25 cm, od velikostní kategorie 25-35 cm průměrné velikosti raků klesaly. Průměrná délka raků ve velikostní kategorii kamenů 0-8 cm je 35,21 mm (SD =11,75). Průměrná délka raků ukrytých pod kameny náležících do kategorie 8-15 cm byla 38,20 mm (SD =11,61). Průměrná délka raků ukrytých pod kameny velikosti od 15 do 25 cm je 47,38 mm (SD =14,5). Raci s průměrnou délkou 43,5 mm (SD =9,61) využívali úkryty pod kameny 25-35 cm. Zjištěná průměrná délka raka ve velikostní kategorii nad 35 cm je 42 mm (SD =20,19).

3.5 Preference úkrytů pod kameny

Následně byla z poměru počtu prohledaných úkrytů s danými parametry a počtu pod nimi nalezených raků zjištěna preference a avoidance úkrytů.

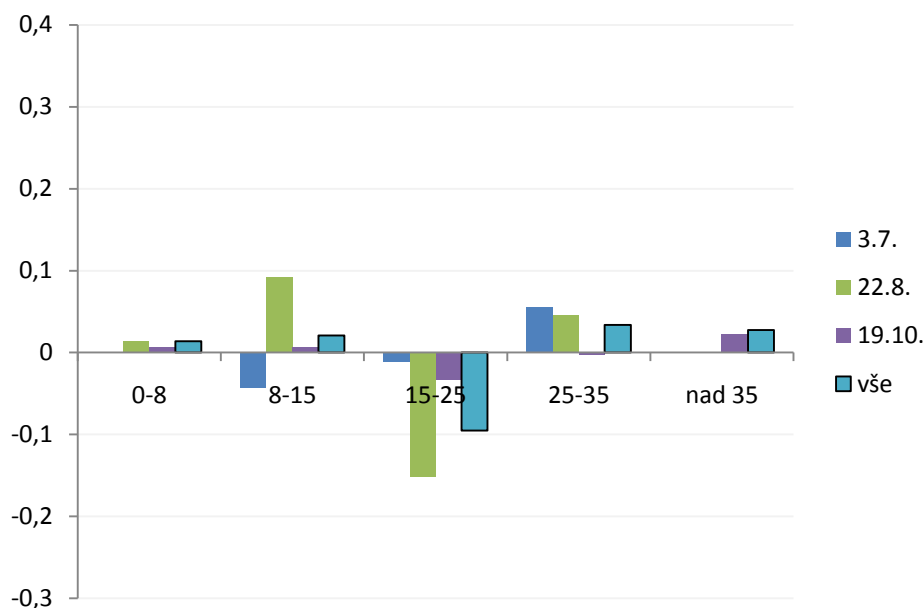


Obr. 15: Celková preference a avoidance úkrytů pod kameny. Zobrazení rozdílů mezi předpokládanou pravděpodobností (pravděpodobnost, že raci využívají úkryty proporcionálně k jejich zastoupení v analyzovaném vzorku úkrytů) a skutečným výskytem raků pod kameny daných velikostí. Každý sloupec zobrazuje index elektivity, který může mít hodnoty od $-0,5$ (nejvyšší avoidance) do $0,5$ (nejvyšší preference). Hodnoty blíže se k nule ukazují malý vliv na preference určité kategorie.

Raci ve všech sezónách a na všech potocích výrazně nepreferovali žádnou velikost kamenů. Ke svému úkrytu využívali kameny v rozmezí 25 až 35 cm, a to častěji, než by odpovídalo zastoupení těchto kamenů na všech lokalitách, o něco méně kameny nad 35 cm a kameny o průměrné velikosti 8-15 cm, kameny ve velikosti menší než 8 cm nebyly preferovány nijak výrazně. Naopak pod kameny o průměru 15 až 25 cm bylo vzhledem k množství prohledaných kamenů v této kategorii nalezeno nejméně raků.

3.5.1 Úkryt pod kameny v závislosti na sezóně

Bylo sledováno, jak se preference a avoidance úkrytů mění v závislosti na sezóně.



Obr. 16: Preference a avoidace úkrytů pod kameny v jednotlivých sezónách. Skutečné vyjádření využívaných úkrytů oproti předpokládané pravděpodobnosti využití těchto úkrytů v závislosti na sezóně. Každý sloupec zobrazuje index elektivity, který může mít hodnoty od $-0,5$ (nejvyšší avoidance) do $0,5$ (nejvyšší preference). Hodnoty blíže se k nule ukazují malý vliv na preference určité kategorie.

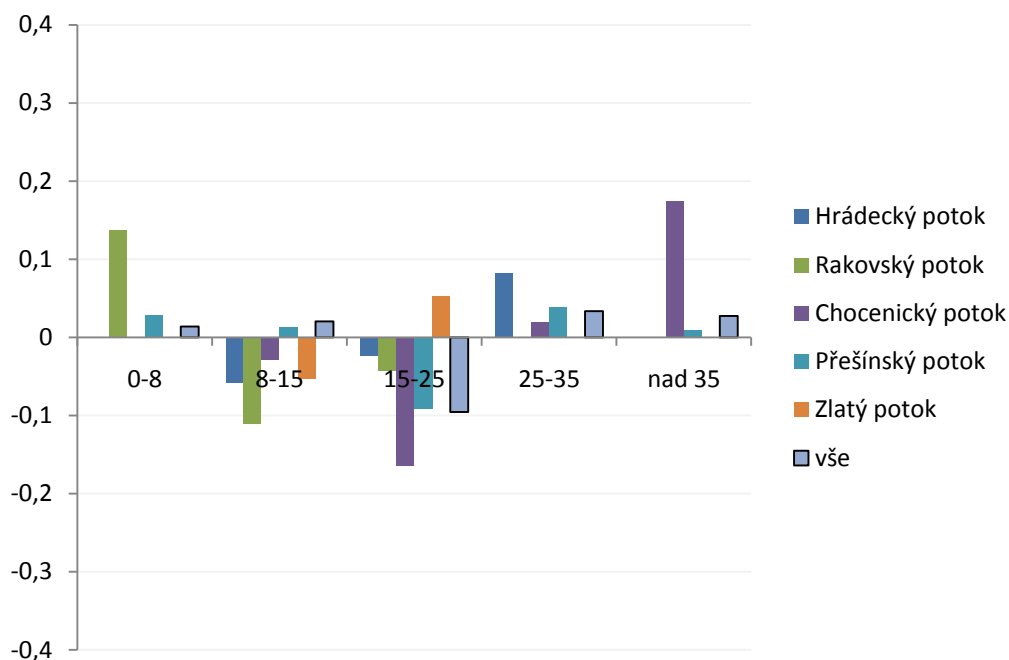
V červenci 2013 byly raky nejvíce preferovány kameny ve velikostní kategorii 25-35 cm. Pod kameny v nejmenší ani největší kategorii kamenů nebyl v tomto období nalezen žádný rak. Oproti dalším obdobím raci v červenci nevyužívají ke svému úkrytu kameny s průměrnou velikostí 8-15 cm.

Velmi patrná je z grafu avoidance raků k úkrytu pod kameny v kategorii 15-25 cm v pozdním létě, úkryt je využíván výrazně podprůměrně. V srpnu raci naopak výrazně preferují velikostní kategorii 8-15 cm, méně výrazně pak kategorii kamenů 25-35 cm a zcela průměrně kategorii 0-8 cm.

V říjnovém termínu jsou zcela přirozeně nejvíce využívané největší kameny o velikosti větší než 35 cm. Kameny menší než 8 cm, kameny ve velikosti od 8 do 15 cm a kameny z kategorie 25-35 cm raci v říjnu nepreferovali výrazně. Kameny ve střední kategorii (15-25cm) nebyly raky preferovány.

3.5.2 Úkryt pod kameny na jednotlivých tocích

Při zjišťování preference úkrytů pod kameny byly zjištěny i rozdíly ve vyhledávání velikostí úkrytů na jednotlivých tocích.



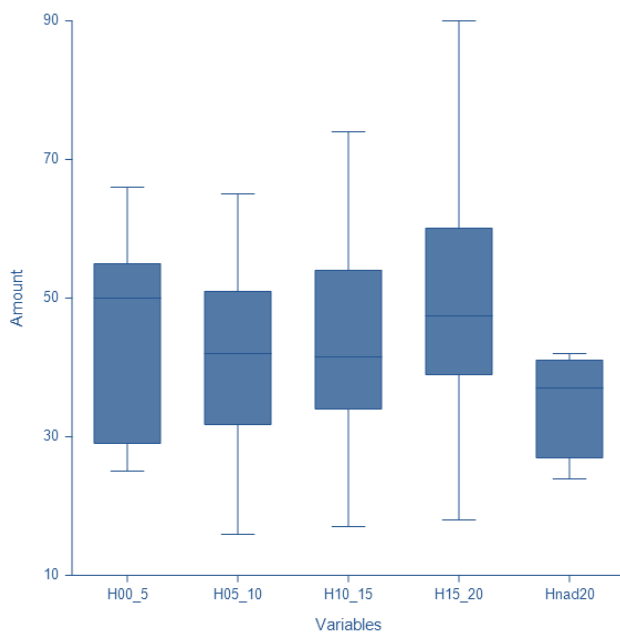
Obr. 17: Preference a avoidace úkrytů pod kameny na jednotlivých lokalitách. Vyjádření využívaných úkrytů oproti předpokládané pravděpodobnosti využití těchto úkrytů na jednotlivých tocích. Každý sloupec zobrazuje index elektivity, který může mít hodnoty od $-0,5$ (nejvyšší avoidance) do $0,5$ (nejvyšší preference). Hodnoty blíže se k nule ukazují malý vliv na preference určité kategorie.

Kategorie kamenů 0-8 cm byla na všech lokalitách nejméně zastoupena, přesto byla v Rakovském a Přešínském potoce výrazně preferována, na ostatních tocích se však pod kameny této kategorie nenacházel žádný rak. Naopak kamenům ve velikosti mezi osmi a patnácti centimetry se raci značně vyhýbali, především v Chocenickém a Přešínském potoce. Ve Zlatém (Příchovickém) potoce byly tyto kameny nejvyhledávanějším úkrytem. Raci nalezení v Hrádeckém potoce nejvýrazněji preferovali úkryty ve velikosti mezi 25 a 35 cm stejně jako raci obývající Přešínský potok. V Chocenickém potoce byla zaznamenána pouze mírná preference této velikostní kategorie.

Kamenů větších než 35 cm se ve všech potocích vyskytovalo minimum, i přesto je právě tento rozměr raky nejvyužívanější v Chocenickém potoce.

3.6 Vztah hloubky a délky raka

Délková struktura raků ukrývajících se v určitých hloubkách se nelišila (ANOVA, $F=1,26$, $P=0,291$).

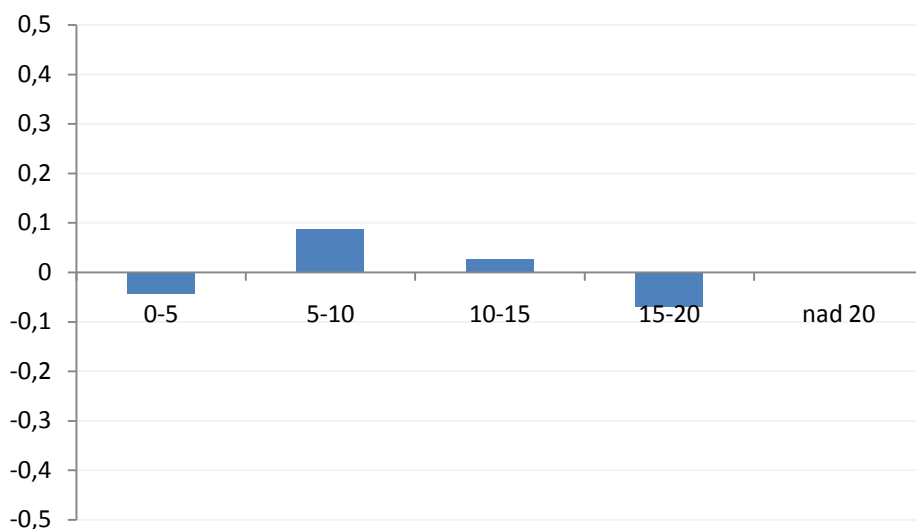


Obr. 18: Vztah mezi délkou raka a hloubkou vody. Velikosti kamenů 0-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm; 15-20 cm; >20 cm a délka raků pod nimi nalezených.

Průměrná délka raků v hloubce do 5 cm je 43,27 mm (SD =14,81). V kategorii 5-10 cm je průměrná délka raků 41,37 mm (SD =12,87). V hloubce 10-15 cm měřili raci průměrně 43,55 mm (SD =13,35). Průměrná délka 49,70 mm (SD =19,23) byla naměřena rakům odchyceným v hloubce mezi 15 a 20 cm. v hloubce větší než 20 cm měli změřeni raci průměrnou délku 34,60 mm (SD =7,47).

3.7 Preference hloubky

Stejným způsobem jako byla zjištěna preference a avoidance kamenů, tedy spočítáním poměru počtu prohledaných úkrytů a počtu v nich nalezených raků, byla zjištěna i preference a avoidance hloubek využívaných k úkrytu.

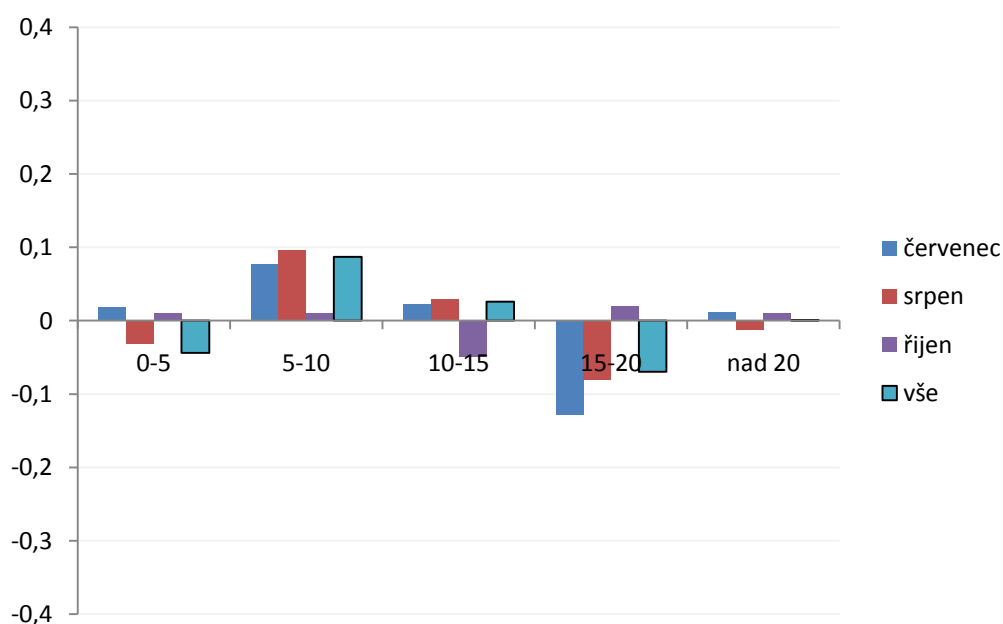


Obr. 19: Celková preference a avoidance úkrytů v hloubce. Zobrazení rozdílů mezi předpokládanou pravděpodobností (pravděpodobnost, že všechny úkryty jsou zastoupeny rovnoměrně) a skutečným výskytem raků v daných hloubkách. Každý sloupec zobrazuje index elektivity, který může mít hodnoty od $-0,5$ (nejvyšší avoidance) do $0,5$ (nejvyšší preference). Hodnoty blíže se k nule ukazují malý vliv na preference určité kategorie.

Preference úkrytů raka kamenáče byla zaznamenána u hloubky 5-10 cm, o něco méně preferovali raci úkryty v hloubce 10 až 15 centimetrů. Nepatrná preference je pak u hloubky větší než 20 cm. Výrazně se raci vyhýbali hloubkám v rozmezí od 15 do 20 centimetrů, taktéž nejmenší hloubka (0-5 cm) nebyla raky příliš vyhledávána.

3.7.1 Úkryt v hloubce v závislosti na sezóně

Bylo zjišťováno, jak sezóna ovlivňuje ukryvání raků v hloubce. Zda se preference mění v jednotlivých obdobích.



Obr. 20: Preference a avoidance úkrytů v hloubce v jednotlivých sezónách. Vyjádření využívaných úkrytů oproti předpokládané pravděpodobnosti využití těchto úkrytů v jednotlivých sezónách. Každý sloupec zobrazuje index elektivity, který může mít hodnoty od -0,5 (nejvyšší avoidance) do 0,5 (nejvyšší preference). Hodnoty blíže se k nule ukazují malý vliv na preference určité kategorie.

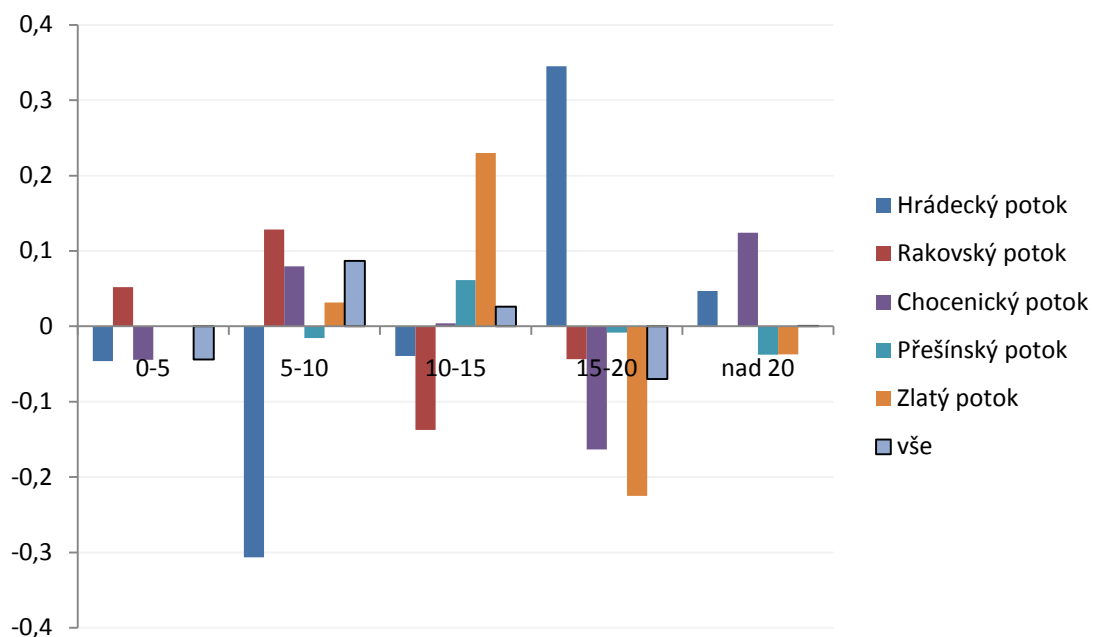
Z obrázku č. 20 vyplývá výrazná preference a avoidance raky obývaných hloubek. V červenci zcela přirozeně raci nejvíce vyhledávali mělká místa do 15 cm. Vzhledem k celkovému výsledku preference/avoidance hloubky do 5 cm je červencový výsledek preference výrazný. Dále nejvíce vyhledávali hloubku mezi 5-10 cm a hloubku 10 až 15 cm, naopak se raci v červenci značně vyhýbali hloubce mezi 15 a 20 centimetry.

Srpnové výsledky se v hloubkách mezi 5 a 20 cm od červencových nijak výrazně neliší. Zato v hloubce nejnižší (0-5cm) je preference rozdílná. V červenci byly tyto úkryty vyhledávány, v srpnu se jim raci naopak spíše vyhýbali.

V říjnu je výrazná avoidance vůči hloubkám v rozmezí 10 až 15 cm. Vzhledem k celkovému výsledku se dá hovořit i o nepřilísném vyhledávání úkrytu v hloubkách od 5 do 10 cm. Překvapivá je pak preference úkrytů v hloubce do 5 centimetrů. Očekávaná je preference největších prohledávaných hloubek. V říjnu, jako v jediném období raci vyhledávali hloubku 15-20 cm. Nadprůměrná je i preference hloubek větších než 20 cm.

3.7.2 Úkryt v hloubce na jednotlivých tocích

Jak vyplývá z obr. 21, při zjišťování preference a avoidance úkrytů v hloubce bylo zjištěno, že raci z jednotlivých lokalit vyhledávají rozdílnou hloubku ke svému úkrytu.



Obr. 21: Preference a avoidance úkrytů v hloubce na jednotlivých lokalitách. Vyjádření využívaných hloubek oproti předpokládané pravděpodobnosti využití těchto hloubek v jednotlivých tocích. Každý sloupec zobrazuje index elektivity, který může mít hodnoty od $-0,5$ (nejvyšší avoidance) do $0,5$ (nejvyšší preference). Hodnoty blíže se k nule ukazují malý vliv na preference určité kategorie.

Při zjišťování preferencí úkrytů na jednotlivých tocích dle hloubky bylo zjištěno, že hloubku do 5 cm značně vyhledávají raci na Rakovském potoce.

V Hrádeckém potoce je výrazná avoidance k úkrytům v hloubkách mezi 5 a 10 cm, naopak v Rakovském potoce raci tento úkryt nadprůměrně vyhledávají.

Na Přešínském a Zlatém (Příchovickém) potoce jsou nejvíce vyhledávány úkryty v hloubce 10-15 cm, naopak se v této hloubce neukrývají raci z potoka Rakovského a Hrádeckého.

Na Hrádeckém, jako jediném potoce, raci výrazně preferují hloubku 15-20 cm. Na ostatních potočích se této hloubce raci výrazně vyhýbají.

Největší hloubku využívají především raci z Hrádeckého a Chocenického potoka. V Přešínském a Zlatém potoce raci tuto hloubku nepreferují.

4 Diskuze

Analýzami byla zjišťována úkrytová kapacita jednotlivých toků, délková struktura populací raků z jednotlivých lokalit. Dále jejich preference či avoidance úkrytů – hloubky a velikosti kamenů - na těchto lokalitách a v různých ročních obdobích a průměr délek raků nalezených pod kameny z jednotlivých velikostních kategorií.

Výsledky autorů Pöckl a Streissl (2005) a Stloukal a Harvánková (2005), že s rostoucí velikostí kamene roste i délka raka, se s výsledky této práce shodují pouze částečně, a to do velikostní kategorie kamenů 15-25 cm. Od kategorie 25-35 cm se výsledky liší, protože byla zaznamenána snižující se délka raka. Tedy že v kategorii 25-35 cm byli raci v průměru delší než raci pod kameny většími než 35 cm.

Jak zmiňují už Machino a Füreder (2005) a později i Vlach a kol. (2009), rak kamenáč využívá všechny substráty (velikostní kategorie kamenů), i když by se z výsledků v této práci dalo usoudit, že preference je značná u všech kategorií kamenů s výjimkou kategorie 15-25 cm. Tento výsledek je zčásti zkreslený z toho důvodu, že kamenů této velikosti se nachází v potocích téměř nejvíce a ne pokaždé pod nimi byl nalezen rak.

Při porovnávání preferencí velikostí kamenů na lokalitách výsledky udávají, že na Přešínském potoce byly výrazně preferovány kameny větší než 35 cm. Tento fakt je způsobený přítomností jediného kamene této velikosti na lokalitě a zrovna přítomností raka. Totéž platí i u preference kamenů ve velikosti 0-8 cm na Rakovském a Přešínském potoce, kdy při jejich malém zastoupení byl pod nimi vždy přítomen rak.

V říjnovém termínu byly vyhledávány největší kameny, A to z toho důvodu, že jsou tyto kameny v největší hloubce, nehrozí tedy vymrznutí raka. V srpnu byly překvapivě nejvíce preferovány kameny velikosti 25-35 cm, pravděpodobně to je způsobeno malým počtem kamenů této velikosti a zároveň častou přítomností raků.

Podle Bohl (1987) je nejčastěji obývaná hloubka raky 0,21 m. Vlach a kol. (2009) uvádí jako nejvíce obývanou hloubku do 0,15 m, přičemž větší hloubky jsou obývány občas. Toto tvrzení platí i v rámci této práce, kdy je nečastější preferovaná hloubka od 0,05 m do 0,15 m a hloubky vyšší jsou vyhledávány zřídka.

Průměrná délka raků obývajících největší hloubku, tedy nad 20 cm, je 34,60 mm (SD =7,47). Tato délka je nejmenší ze všech a výsledky jsou v rozporu s tvrzením Kuřka et al. (1996), Benvenuto et al. (2008), Vlach a kol. (2009) a dalších, kteří tvrdí, že nejmenší raci se vyhýbají největším hloubkám. Důvodem může být nepřítomnost dravých ryb v analyzovaných potocích, jak uvedli Englund a Krupa (2000).

Nezanedbatelný vliv na výsledky preference a avoidance úkrytu v hloubkách v rámci jednotlivých lokalit měla rozdílná průměrná hloubka. Zatímco Rakovský a Přešínský potok jsou potoky mělké, na kterých se hlubší místa vyskytují spíše výjimečně, zbylé tři (Hrádecký potok, Chocenický potok a Zlatý (Příchovický) potok) jsou oproti nim potoky s vyšší hladinou vody. Výsledky tomuto jevu de facto odpovídají. Na Rakovském potoce byly preferovány menší hloubky do 10 cm a na Přešínském potoce až do hloubky 15 cm. Ve větších hloubkách se na těchto dvou lokalitách raci vyskytovali spíše vzácně.

V červenci zcela přirozeně raci nejvíce vyhledávali mělčí místa. Červencový výsledek preference nejmělčích míst využívaných k úkrytu je výrazný. Tento výsledek je způsobený několika faktory. Jedním z faktorů je vyšší teplota prostředí, raci se tedy nemusí ukrývat v hloubkách a chránit se tak před negativními vlivy. Dalším faktorem je pak standardní jev, kterým je přirozeně nižší stav vody v letních měsících. V neposlední řadě může být tento fakt způsoben i rozdílným obsahem kyslíku, kdy v hlubších tůních je ho daleko méně, než v mělkých partiích toku.

V rámci této práce bylo zjištěno, že délková struktura populací odchycených raků se v odlišných sezónách nelišila, na rozdíl od tvrzení, které uvádí Štambergová a kol. (2009), podle které má teplota vody vliv na délkovou i pohlavní strukturu populace.

Výsledná data ukázala, že na úkryt raka má vliv velikost kamene a částečně i hloubka vody, která je důležitá především při zjišťování preference úkrytů v odlišných sezónách. Právě ve vlivu hloubky na úkryt raka se výsledky zjištěné v této práci liší od výsledků uvedených autory Streissl a Hödl (2002), podle kterých má na úkryt raka vliv šířka a délka kamene společně s rychlostí proudění vody, nikoliv hloubka vody.

5 Závěr

Cílem této práce bylo zjistit vztah mezi úkrytovou kapacitou a populační ekologií raka kamenáče a porovnat, zda se jejich preference liší na jednotlivých tocích a zda je preference úkrytů závislá na ročním období. Výzkum byl prováděn v červenci, srpnu a říjnu 2013 na 5 lokalitách na jižním Plzeňsku a Rokycansku. Sběr dat byl proveden metodou ručního prohledávání. Na desetimetrovém úseku prohledávaných toků bylo prohledáno minimálně 20 úkrytů a u každého byly zaznamenány jeho parametry (průměr kamene a hloubka, ve které byl kámen uložen) a délka raka pod ním nalezeného.

Získané údaje byly vyhodnoceny – statistickými a grafickými metodami. Délková struktura populací raka se na jednotlivých lokalitách ani v jednotlivých sezónách nelišila. Struktura populací raka kamenáče se však signifikantně lišila ve vztahu k velikostem úkrytu.

Ve výsledcích byla zohledňována jak velikost úkrytu, tak i jeho hloubka, ve které se rak vyskytoval.

Byly zjištěny částečné rozdíly od tvrzení Pöckl a Streissl (2005) a Stloukal a Harvánková (2005), že s rostoucí velikostí kamene roste i délka raka, protože byla zaznamenána snižující se délka raka. Tedy že v kategorii 25-35 cm byli raci v průměru delší než raci pod kameny většími než 35 cm.

Nečastější raky preferovaná hloubka byla od 0,05 m do 0,15 m a hloubky vyšší byly vyhledávány zřídka.

Byla zjištěna výrazná preference hloubky nad 20 cm malými raky, a to navzdory tvrzení Kuřka et al. (1996), Benvenuto et al. (2008), Vlach a kol. (2009) a dalších, že nejmenší raci se největším hloubkám vyhýbají.

V rámci této práce bylo zjištěno i to, že délková struktura populací odchycených raků se v odlišných sezónách nelišila, na rozdíl od tvrzení, které uvádí Štambergová a kol. (2009), podle které má teplota vody vliv na délkovou i pohlavní strukturu populace.

6 Seznam literatury

- Benvenuto C., Gherardi F. and Ilhéu M., 2008. Microhabitat use by the white-clawed crayfish in a Tuscan stream. – *J. Nat. Hist.* **42**: 21–33.
- Bohl, E. 1987. Comparative studies on crayfish brooks in Bavaria (*Astacus astacus* L., *Austropotamobius torrentium* Schr.). – *Freshw. crayfish* **7**: 287-294.
- Demers A., Souty-Grosset C., Trouilhé M. C., Füreder L., Renai B. et Gherardi F. 2006. Tolerance of three European native species of crayfish to hypoxia. – *Hydrobiologia* **560**: 425–432.
- Ďuriš Z., Kozák P., Polícar T. & Theimer J. 2001. Rak kamenáč *Astacus torrentium* (Schrank) v České republice. – *Časopis Slezkého muzea Opava (A)* **50**: 85-93.
- Englund G. and Krupa J.J., 2000. Habitat use by crayfish in stream pools: influence of predators, depth and body size. – *Freshwater Biol.* **43**: 75–83.
- Fischer D., Bádř V., Vlach P. a Fischerová J. 2004. Nové poznatky o rozšíření raka kamenáče v Čechách. – *Živa* **2/2004**: 79 – 81.
- Füreder L., Oberkofler B., Hanel R., Leiter J. et Thaler B. 2003. The freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* in South Tyrol: Heritage species and bioindicator. – *Bull. Fr. Pêche Piscic.* **370–371**: 81–95.
- Holdich D. M. 2002. Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. – *Bull. Fr. Pêche Piscic.* **367**: 611–650.
- Holzer M. 2000. Raci v České republice. – *Ochrana přírody* **55, 10**: 291-294.
- Kettunen M. et ten Brink P. 2006. Final report for the European Commission: Value of biodiversity. – *Institute for European Environmental Policy (IEEP)*, 131 s. Brussels, Belgium.

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

Kozák, P., Ďuriš, Z. A Polícar, T. 2002. The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in the Czech Republic. – *Bull. Fr. Pêche Piscis.* **367**: 707-713.

Kozubíková, E., Petrusek, A., Ďuriš, Z., Martín, M. P., Diéguez-Urbeondo, J., Oidtmann, B. 2008. The old menace is back: recent crayfish plague outbreaks in the Czech Republic. – *Aquaculture* **274**: 208-217

Kutka F.J., Richards C. and Merrick G.W., 1996. Habitat relationships and distribution of the crayfish, *Orconectes propinquus*, in the Saint Louis River Basin, Minnesota, U.S.A. – *Freshw. Crayfish* **11**: 73–82.

Lohniský K. 1984. Rozšíření raků ve východních Čechách a jeho změny v posledních desetiletích / Occurrence of crayfish in East Bohemia and the changes in last decades. – Zpravodaj, Krajské muzeum.

MACHINO, Y. 1997. Crayfish of the upper Soca and upper Sava rivers, Slovenia. – *Bull. Fr. Pêche Piscis.* **347**: 721-729.

Machino, Y. A Füreder, L. 2005. How to find a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803): A biogeographic study in Europe. – *Bull. Fr. Pêche Piscis.* **367-377**: 57-517.

Pockl, M. 1999a. Distribution of crayfish species in Austria with special reference to introduced species. – *Freshw. Crayfish* **12**: 733-750

Polícar T. & Kozák P. 2000. Výskyt raků v ČR. Bulletin VÚRH Vodňany **36**: 18-22

Renz M., Breithaupt T., 1999. Population structure and habitat characteristics of the crayfish *Austropotamobius torrentium* in Southern Germany. – *Freshw. Crayfish* **12**: 940-941.

- Renz M. a Breithaupt T. 2000. Habitat use of the crayfish *Austropotamobius torrentium* in small, brooks and in lake constance, southern Germany. – *Bull. Fr. Pêche Piscic.* **356**: 139-154.
- Seiler S. M. et Turner A.M. 2004. Growth and population size of crayfish in headwater streams: individual- and higher-level consequences of acidification. – *Freshwater Biol.* **49**: 870–881.
- Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noël P.Y., Reynolds J.D. and Haffner P. (eds.), 2006. Atlas of Crayfish in Europe. – *Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, (Patrimoines naturels)* **64**: 1-187.
- Streissl, F. A Hödl, W. 2002. Habitat and shelter requirements of the stone crayfish, *Austropotamobius torrentium* Schrank. – *Hydrobiologia* **477**: 195-199.
- Štambergová, M., Svobodová, J. a Kozubíková, E. 2009. Raci v České republice (Crayfish in the Czech Republic). – AOPK ČR, 255 s. Praha.
- Troschel H.J., Dehus P., 1993. Distribution of crayfish species in the Federal Republic of Germany, with special reference to *Austropotamobius pallipes*. – *Freshw. Crayfish*, **9**: 390-398.
- Troschel, H. J., U. Schulz & R. Berg, 1995. Seasonal activity of stone crayfish *Austropotamobius torrentium*. – *Freshw. Crayfish* **10**: 196-199.
- Troschel H. J. 1999. Distribution of crayfish species in Luxembourg. – *Freshw. Crayfish* **12**: 791–795.
- Vlach, P., Fischer, D. A Hulec, L. 2009. Microhabitat preferences of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803). – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 394-395: článek 15.

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* 384-395: článek 13.

Vlach, P., Svobodová, J. a Fischer, D. 2011. Stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in the Protected Landscape Area Křivoklátsko – *Bohemia Centralis* **31**: 263–273.

Vorburger Ch. a Ribí G. 1999. Aggression and competition for shelter between a native and an introduced crayfish in Europe – *Freshwater Biol.* **42**: 111-119.