

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
Centrum biologie, geověd a envigogiky

**Morfologie raka kamenáče (*Austropotamobius
torrentium*) v ČR**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Lucie Valdmanová

Biologie se zaměřením na vzdělávání

Vedoucí práce: RNDr. Pavel Vlach, Ph.D.
Plzeň, 2013

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

Plzeň, 14. duben 2013

vlastnoruční podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat všem, kteří mě přímo či nepřímo podporovali při psaní této práce. Především bych chtěla poděkovat RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D., který obětoval čas na práci v terénu a na statistické vyhodnocení dat a také za podporu při zpracování dat a psaní. Také nesmím opomenout za poznatky a informace, které mi předal a za korekturu práce, která by vypadala jinak a neměla by výslednou hodnotu.

zadání práce

Abstrakt

Výzkum probíhal v letech 2011 – 2012 na osmi lokalitách na území západních, středních a severních Čech. Celkem bylo odchyceno 283 jedinců, u nich byly změřeny plastické znaky, které byly následně analyzovány.

Cílem práce bylo zjistit základní morfologické charakteristiky raka kamenáče na uvedených lokalitách na území ČR a pokusit se zjistit rozdíly morfologie raků na těchto populací na základě jejich původu. Odchyt byl proveden metodou ručního prohledávání, na úsecích dlouhých 100m a bylo prohledáváno nejméně 50 úkrytů. Všechny změřené hodnoty byly následně vyhodnocovány pomocí statistického balíku NCSS.

Klíčová slova: rak kamenáč, Česká republika, morfologie, analýza, NCSS

Abstract

The research was conducted in the years 2011 - 2012 at eight territory in the western, central and northern Bohemia. Total of 283 individuals were captured, they were measured plastic signs, which were subsequently analyzed.

The objective of this work was to find the basic morphological characteristics Stone Crayfish on the territory in the Czech Republic and try to determine the differences in morphology of crayfish stocks on the basis of their origin. The capture was made by manual scan, the long stretches of 100m and has been searched at least 50 shelters. All measured values were then evaluated using the statistical package NCSS.

Keywords: stone crayfish, Czech Republic, morphology, analysis, NCSS

Obsah

1	Úvod.....	8
1.1	Rozšířená raka kamenáče	8
1.2	Morfologie raka kamenáče	9
1.3	Pohlavní dimorfismus a rozmnožování	10
1.4	Obsah a cíl práce	12
2	Metodika.....	13
2.1	Charakteristika toků.....	13
2.1.1	Zubřina.....	13
2.1.2	Luční potok – České středohoří	13
2.1.3	Hrádecký potok.....	13
2.1.4	Přítok Novosedelského potoka	15
2.1.5	Huníkovský potok.....	15
2.1.6	Bradava.....	15
2.1.7	Luční – Podkrkonoší.....	16
2.1.8	Medvědí potok.....	17
2.2	Charakteristika významných lokalit.....	18
2.1.9	CHKO Český les	18
2.1.10	CHKO České středohoří.....	18
2.2	Metody terénní práce.....	18
2.3	Metody vyhodnocení dat.....	19
3	Výsledky.....	21
3.1	Délková struktura populací.....	21
3.2	Individuální rozdíly mezi klepety	23
3.3	Vztah měřených plastických znaků k délce těla.....	24
3.4	Intersexuální rozdíly plastických znaků	27

4	Diskuze	31
5	Závěr	34
6	Seznam literatury	36

1 Úvod

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium* Schrank) je jedním z pěti druhů raků obývajících vody České republiky (Kozák a kol., 2002). Vyskytuje se v malých a středních tocích přirozeného charakteru s mírným spádem a velkou členitostí dna (Machino a Füreder, 2005; Vlach a kol., 2009a). Závisí také na typu substrátu, který používá jako úkryty. Nachází se v tocích s hrubším substrátem, vyhýbá se písčitému a bahnitým místům (Vlach a kol., 2009a). Dalším sledovaným parametrem kvality biotopu je chemismus vody, avšak podle nových poznatků je mnohem významnější charakter toku a s ním i nabídka možných úkrytů (Vlach a kol., 2009a). Důležitou úlohu hraje členitost, struktura dna a příbřežní porosty, kde jedinci vyhledávají úkryty v substrátu, v kořenovém systému zasahující do toku a v opadu dřevin v příbřežní vegetaci (Vorburger a Ribí, 1999; Streissl a Hödl, 2002).

S rakem říčním (*Astacus astacus*) je považován za původní druh a to i přes názory, že rozšíření raka kamenáče mimo povodí Dunaje je výsledkem lidské činnosti (Machino a Füreder, 2005). Rak kamenáč i rak říční je zařazen mezi kriticky ohrožené druhy v rámci právních předpisů dle vyhlášky č. 395/1992 Sb., která je součástí zákona č. 114/1992 Sb. O ochraně přírody a krajiny. V současné době je chráněn vnitrostátními právními předpisy č. 114/1992 jako kriticky ohrožený a mezinárodní Konvence také chrání tento druh Úmluvou o evropské fauně a přírodních stanovištích, Bern, 1979 a směrnice Rady 92/43/EHS dne 21. května 1992 O ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. Rak kamenáč je uveden v IUCN v Červeném seznamu jako zranitelný druh (Vlach a kol., 2009b)

1.1 Rozšířená raka kamenáče

V současné době je rak kamenáč znám z řady zemí Evropy: Francie, Lucembursko, Švýcarsko, Německo, Česká republika, Rakousko, Slovensko, Maďarsko, Rumunsko, Makedonie, Albánie, Slovinsko, Bosna a Hercegovina, Chorvatsko, Řecko a Itálie, Bulharsko, Černá hora (Holdich, 2002; Stloukal a Havránková, 2005; Machino a Holdich, 2006). Je zaznamenán také v evropské části Turecka (Machino a Füreder, 2005; Harlioglu a Grüner, 2007).

Rak kamenáč je u nás pokládán za velmi vzácný druh (Štambergová a kol., 2009). Nyní je potvrzeno celkově 39 toků s výskytem raka kamenáče. Centrum jeho výskytu leží ve

středních a západních Čechách, další izolované nálezy jsou známy z území CHKO České středohoří, Podkrkonoší a Domažlicka (Vlach a kol., 2009a).

1.2 Morfologie raka kamenáče

Raci jsou zástupci koryšů (Crustacea), mají měkké části těla kryté pevným krunýřem, který je vylučován pokožkou. Krunýř slouží k ochraně a opoře svalových úponů. Pevná schránka z chitinu na povrchu račího těla je prostoupená uhličitanem a fosforečnanem vápenatým, který je v období ekdyse svlékána (Štambergová a kol., 2009).

Rak kamenáč dosahuje velikosti maximálně 100 mm a hmotnosti 40 g. Barva je proměnlivá a může nabývat různých odstínů hnědé, olivově zelené nebo béžové, ojediněle až oranžové. Spodní strana těla je světlejší. Hlavohrud' je jemně zrnitá, bez výrazných trnů či výčnělků. Na hlavohrudí se nachází jeden pár postorbitálních lišt. Rostrum je krátké, postranní dva hroty jsou malé a tupé. Zúžená přední část rostra tvoří téměř rovnostranný trojúhelník. Vnější okraje jsou hladké. Klepeta jsou robustní a v porovnání s tělem dosti velká, u samic menší než u samců. Barva spodní strany klepet je obvykle béžová, narůžovělá nebo lehce oranžová. Kloub klepet je obvykle světle červený (Kozák a kol., 2013).

Hrudní část nese osm párů přívěšků, z nichž prve tři páry krátkých příústních nožek (maxilopody) usnadňují manipulaci s potravou, následuje pět párů končetin (pereopody). První pár je u raků zakončen mohutnými klepety, další čtyři páry fungují jako kráčivé končetiny - 2. a 3. pár nese jen drobná klepítka, 4. a 5. pár je zakončen drápkem. Na každém tělesném článku vyrůstá pár končetin, na prvním je zastupují složené oči a na posledním článku (telsonu) končetiny chybí. Hlavová část hlavohrudí nese tykadla 1. páru (antenuy), tykadla 2. páru (anteny), kusadla (mandibuly) a dva páry čelistí (maxily). Na hrudní části těla je osm přívěšků, z nichž prve tři páry krátkých příústních nožek maxilopody, které usnadňují manipulaci s potravou. Dále je na hrudní části pět párů končetin, pereopody. První pár je zakončen mohutnými klepety, přičemž další čtyři páry mají funkci kráčivých nohou, 2. i 3. pár je zakončen klepítky a 4. a 5. pár má je zakončen drápkem. Zadečkové články nesou dvouvětvené nožky zvané pleopody. U samců je zesílen první a druhý pár a přizpůsoben ke kopulaci, naopak u samic je zakrnělý. Uropody, nožky předposledního článku jsou ploché a lupínkovité. Telson, což je poslední článek, je plochý a bez končetin. Na telsonu se nachází řitní otvor. Uropody s telsonem tvoří vějířkovitou ploutvičku, která umožňuje plavat rychle vzad při úniku (Štambergová a kol., 2009).

1.3 Pohlavní dimorfismus a rozmnožování

Raci patří mezi gonochoristy, a proto zde existuje pohlavní dimorfismus. U samců jsou obvykle klepeta mohutnější než samic. Pohlavní vývody jsou u samic 3. páru pereopodů u samců jsou na posledním páru pereopod (Štambergová a kol., 2009). Samci a samice raka kamenáče pohlavně dospívají ve 3 letech. Pohlavní dospělost samic je při celkové délce těla 59 – 69 mm. K páření dochází na podzim, obvykle v říjnu a listopadu. Období páření v rámci jedné lokality trvá 1 – 3 týdny. Při páření samec přilepuje spermatofoxy na ventrální stranu samice v blízkosti vývodů jejích pohlavních cest. Samice začíná klást vajíčka v rozmezí několika dnů až týdnů po spáření. Dochází k oplodnění vajíček a umístění pod pleopody samice, tam jsou pevně přichyceny ve formě hroznů několika vajíček dohromady. Samotný proces kladení a oplodnění trvá několik hodin (Kozák a kol., 2013). Samice kladou zpravidla 40 – 70 vajíček. Počet vajíček je v závislosti na velikosti samice. Porovnáme-li raka kamenáče s ostatními druhy je počet vajíček menší. Je to způsobeno jak malou velikostí druhu, tak i faktem, že vajíčka jsou k poměru těla velká, v rozmezí 2,4 – 3,4 mm (Maguiere a kol., 2005). Vývoj raka je přímý, bez larválního stádia (Štambergová a kol., 2009). K líhnutí dochází v od května do poloviny července, v závislosti na geografické poloze lokality. Vylíhlá ráčata se po týdnu svlékají do druhého vývojového stádia, jsou samostatná a začínají přijímat potravu. V tomto druhém stadiu však ráčata ještě vyhledávají ochranu samice a pohybují se v její blízkosti. Samice má stále vyvinut silný mateřský instinkt. Ve třetím vývojovém stadiu je již plně samostatná, vývojově vyspělá a dosahují délky 13 – 15 mm (Kozák a kol., 2013).

Svobodová a kol. (2008) ve své studii o vlivu jakosti vody na populace raků uvádí, že rak kamenáč dokáže přežít i ve vodách s horší kvalitou, ale populace na těchto lokalitách bývají oslabené. Z tohoto důvodu i méně početné populace a v některých případech se stává, že část populace raků přežije přechodně i vysoké koncentrace znečišťujících látek v toku. Rak se dokáže skrýt buď v přítocích, nebo v norách zahloubených v březích. Proto není vhodné používat raka jako bioindikátora čistých vod, ale spíše ho považovat za kulturní dědictví, které je nutno chránit. Studie (Svobodová a kol., 2009) Hustota populace raků na lokalitách s dlouhodobě horší kvalitou vody je nízká. A u zkoumaných lokalit se znečištěním byl zaznamenán malý počet. V této studii se uvádí, že rakům nevyhovují toky s oligotrofním znečištěním. Statistické hodnocení dokazuje, že rak kamenáč má z dlouhodobého hlediska vysoké nároky na kvalitu vody. Pravděpodobnost výskytu našich původních raků je vyšší v lokalitách, které splňují limity nařízení vlády č. 71/2003 Sb. pro lososové vody. Chceme – li zachovat kriticky ohrožené druhy, měli bychom se zaměřit tedy na zlepšování jakosti vody.

Výsledky této studie ukazují na fakt, že znečištění vody je významným faktorem ovlivňující distribuci raka. Pokud se udrží původní populace raků, zabráníme tak celkovému poklesu biodiverzity přírodního prostředí.

Rak kamenáč je v současné době hodně diskutovaný druh, jak na území České republiky tak i v jiných zemích. Rozšíření raka kamenáče na území České republiky bylo popsáno v několika publikacích (Kozák a kol., 2002; Machino a Füreder, 2005; Vlach a kol., 2009b). Rozšíření v jednotlivých státech popisuje řada autorů, např. na Slovensku (Stloukal a Havránková, 2005), Bavorsku (Huber a Schubart, 2005) a ostatních evropských zemích (Holdich, 2002; Machino a Holdich, 2006; Harlioglu a Grüner, 2007; Maguire a kol., 2011). Objevují se také studie, které hodnotí vliv kvality vody ke vztahu k přítomnosti populací raka kamenáče (Bohl, 1987; Foster, 1995; Broquet a kol., 2002; Kozák a kol., 2005; Trouilhé a kol., 2007; Svobodová a kol., 2008; Pârvulescu a kol., 2011; Vlach a kol., 2012).

Řada autorů se zajímá také o růst raka, velikost dospělých raků či vztah velikosti vajíček a poměr k tělu (Maguiere a kol., 2005).

V poslední době se objevily genetické studie, které řeší problematiku systematiky u původních raků v Evropě (Grandjean a kol., 2002; Maguiere a kol., 2005). Najdeme, ale i články, které se věnují fenotypové charakteristice původních populací raka (Sint a kol., 2007).

1.4 Obsah a cíl práce

Výzkum v rámci bakalářské práce byl prováděn na 8 lokalitách na území západních, středních a severních Čech. Celkem bylo odchyceno 283 jedinců, u nichž byly změřeny plastické znaky, které byly následně analyzovány.

Cíl práce bylo:

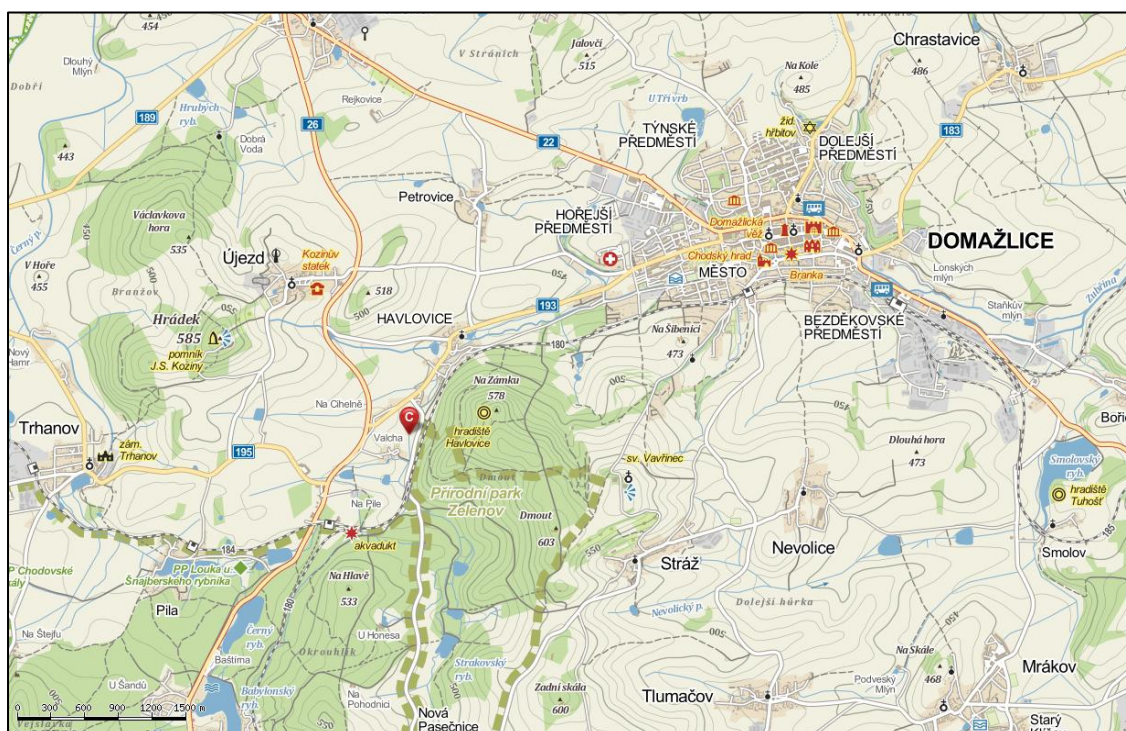
- zjistit základní morfologické charakteristiky raka kamenáče z různých subpopulací na území ČR
- pokusit se zjistit rozdíly morfologie raků z těchto populací na základě jejich původu

2 Metodika

2.1 Charakteristika toků

2.1.1 Zubřina

Zubřina pramení 1 km jihovýchodně od Pasečnice v nadmořské výšce 552 m n.m., ústí zprava do Radbuzy u Staňkova. Plocha povodí je 213,7 km² a délka toku je 33,1 km. Zubřina je vodohospodářsky významný tok (Vlček a kol., 1984). Souřadnice jsou 49°25'26.209" severní šířky a 12°53'4.705" východní délky.



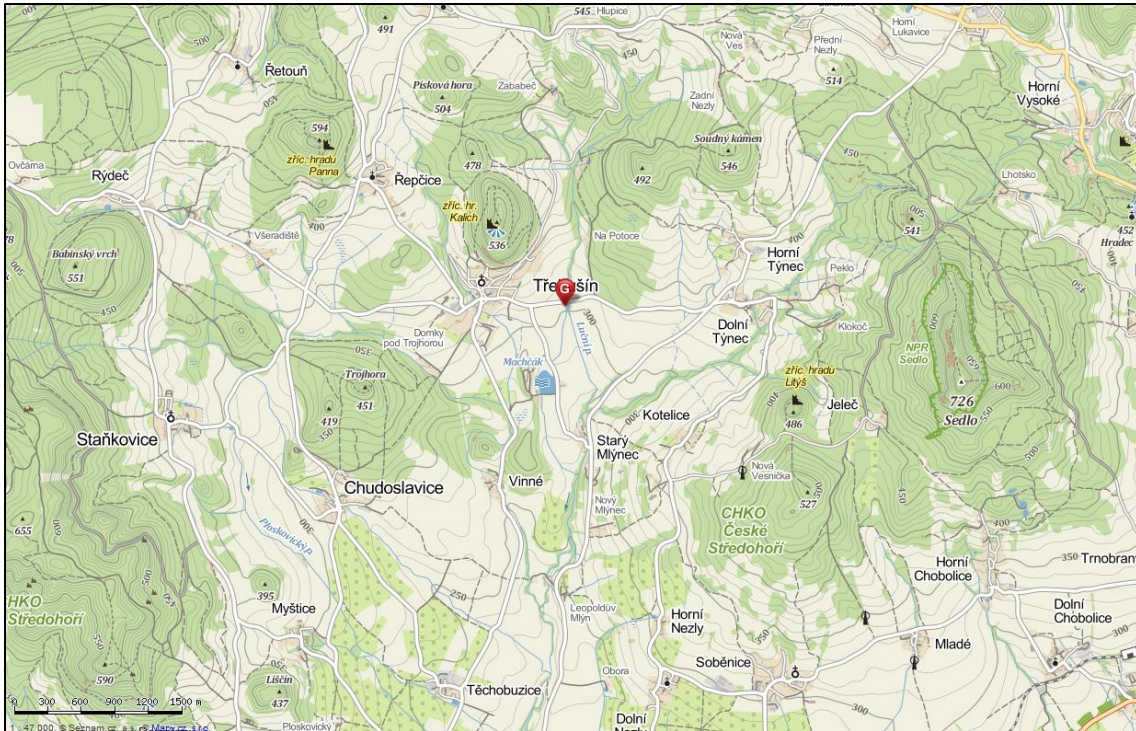
Obr. 1: Mapa Zubřiny s vyznačeným místem odchytu raků

2.1.2 Luční potok – České středohoří

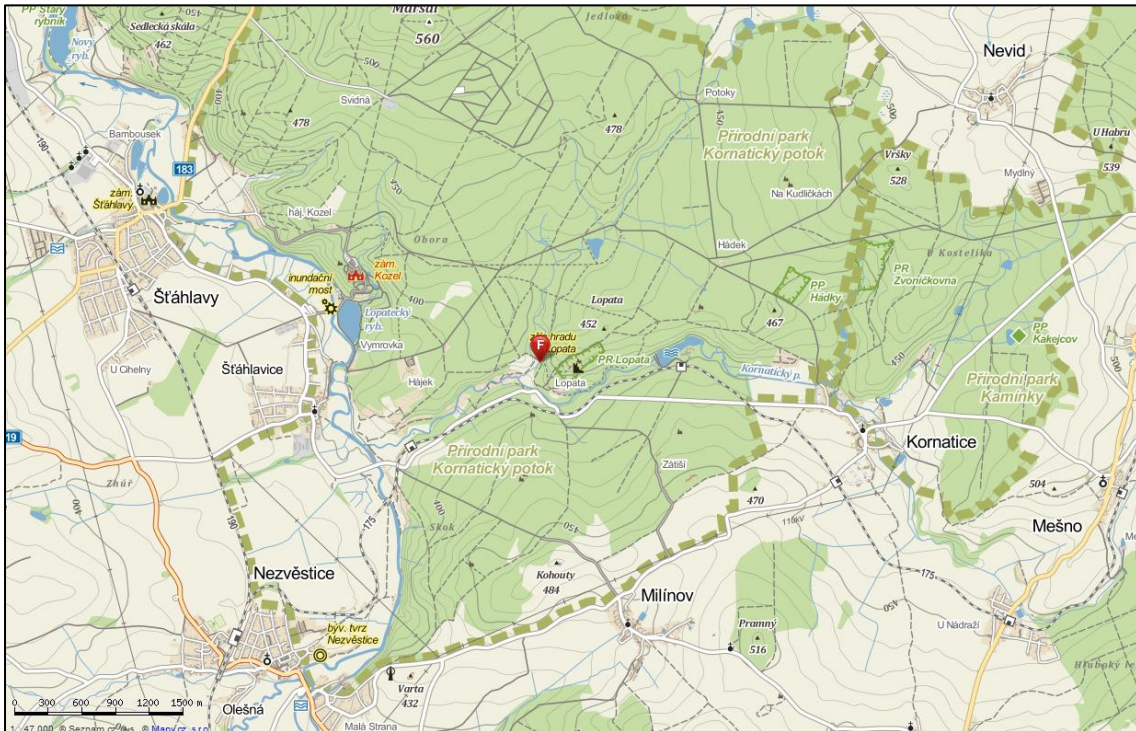
Luční potok pramení u Třebušína v nadmořské výšce 398 m n.m. Plocha povodí je 38,7 km² a délka toku je 9,6 km. GPS souřadnice jsou 50°35'55.895" severní šířky a 14°12'55.036" východní délky.

2.1.3 Hrádecký potok

Hrádecký potok pramení v nadmořské výšce 470 m n. m. v Rakové. Ústí zprava do Kornatického potoka. Plocha povodí je 5,2 km² a délka toku je 4,2 km. Souřadnice GPS lokality jsou 49°39'52.110" severní šířky a 13°33'10.123" východní délky.



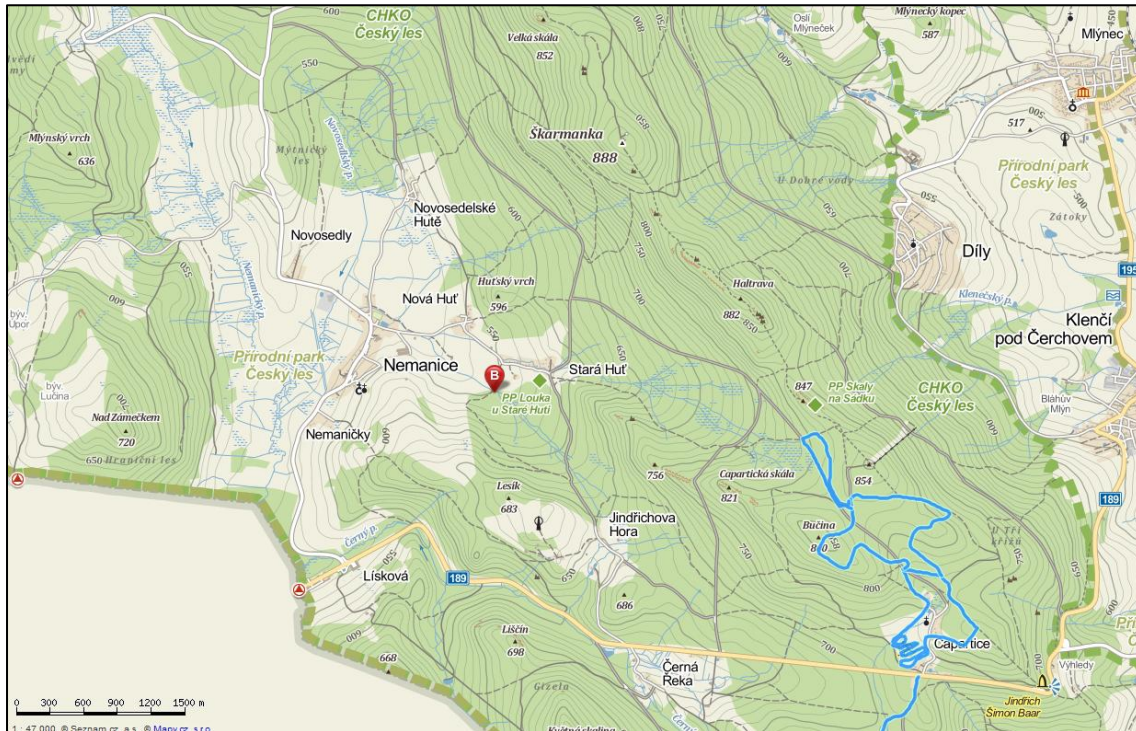
Obr. 2: Mapa Lučního potoka v Českém středohoří s vyznačeným místem odchytu raků



Obr. 3: Mapa Hrádeckého potoka s vyznačeným místem odchytu raků

2.1.4 Přítok Novosedelského potoka

Přítok Novosedelského potoka pramení v nadmořské výšce 610 m n.m.. Ústí zleva do Novosedelského potoka ve Staré huti. Plocha povodí je 4,5 km² a délka toku je 2,4 km. Souřadnice GPS jsou 49°26'2.605" severní šířky a 12°44'12.599" východní délky.



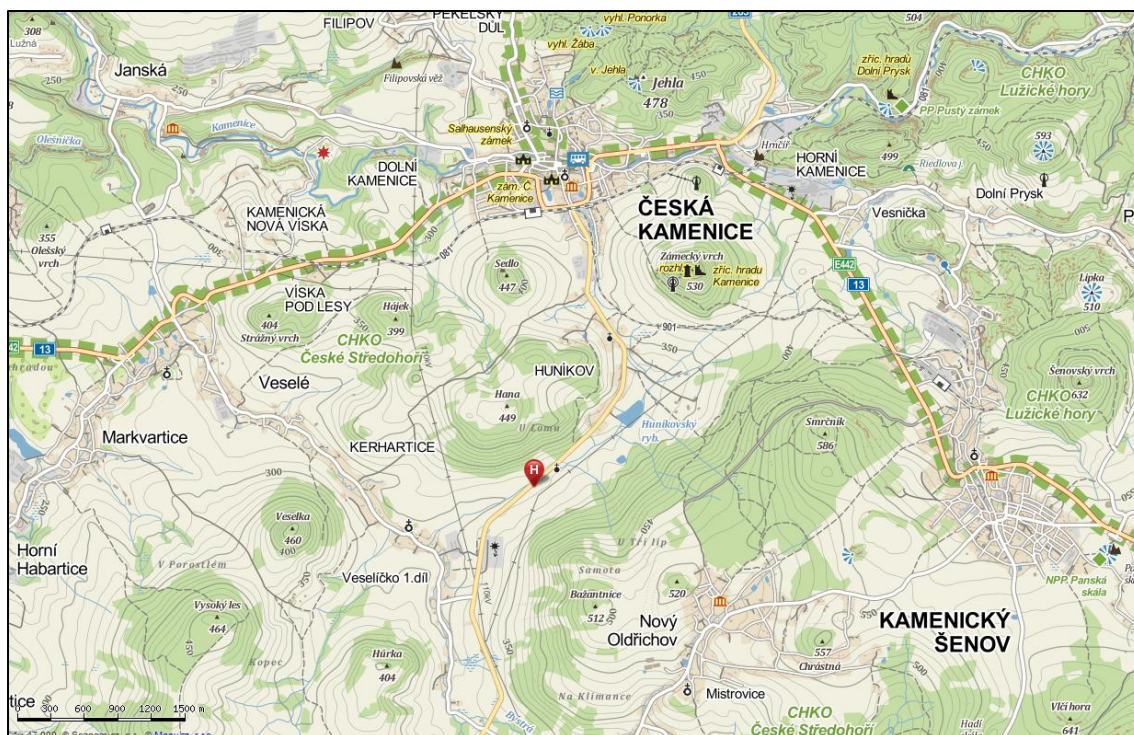
Obr. 4: Mapa Novosedelského potoka s vyznačeným místem odchytu raků

2.1.5 Huníkovský potok

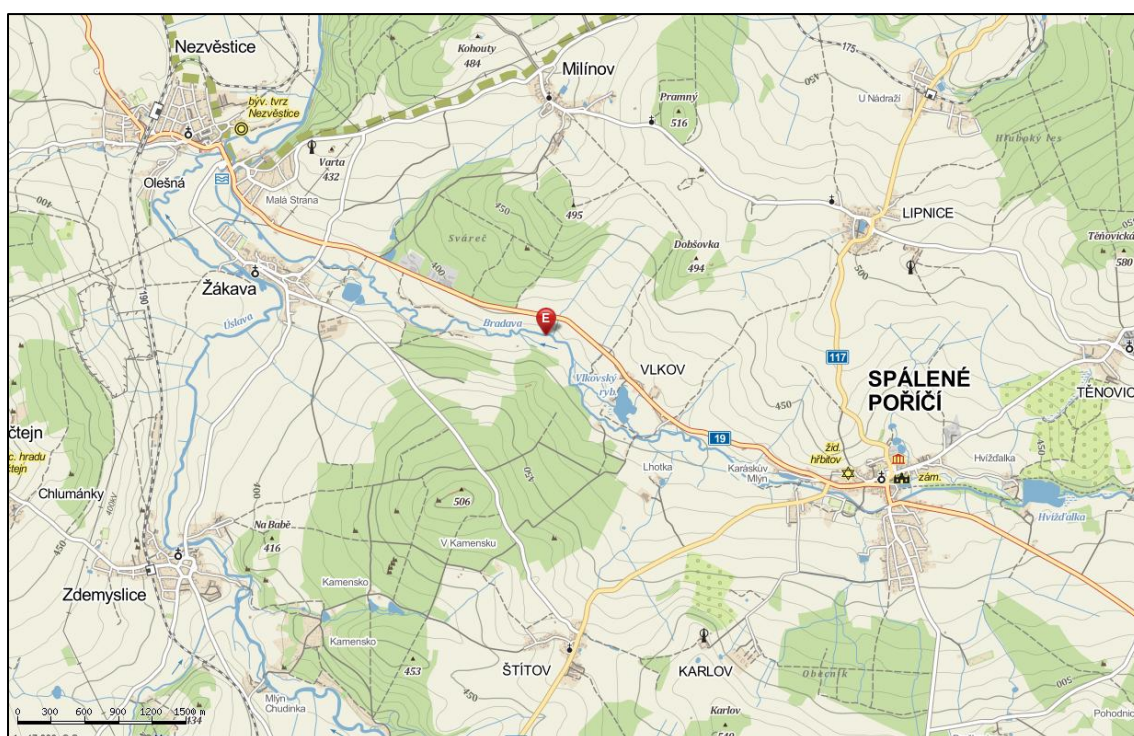
Potok pramení u obce Huníkov v nadmořské výšce 335 m n.m.. Ústí zprava do Bystré. Plocha povodí je 3,9 km². Délka toku je 3,4 km. Souřadnice toku jsou 50°46'28.445" severní šířky a 14°24'51.735" východní délky.

2.1.6 Bradava

Potok pramení 1 km severně od Míšova ve výšce 670 m n.m.. Ústí zprava do Úslavy u Nezvěstic v 357 m n.m. a plocha povodí je 103,1 km². Délka toku je 20,4 km. Vodohospodářsky významný úsek. (Vlček a kol., 1984). Souřadnice GPS jsou 49°37'31.818" severní šířky a 13°33'50.770" východní délky.



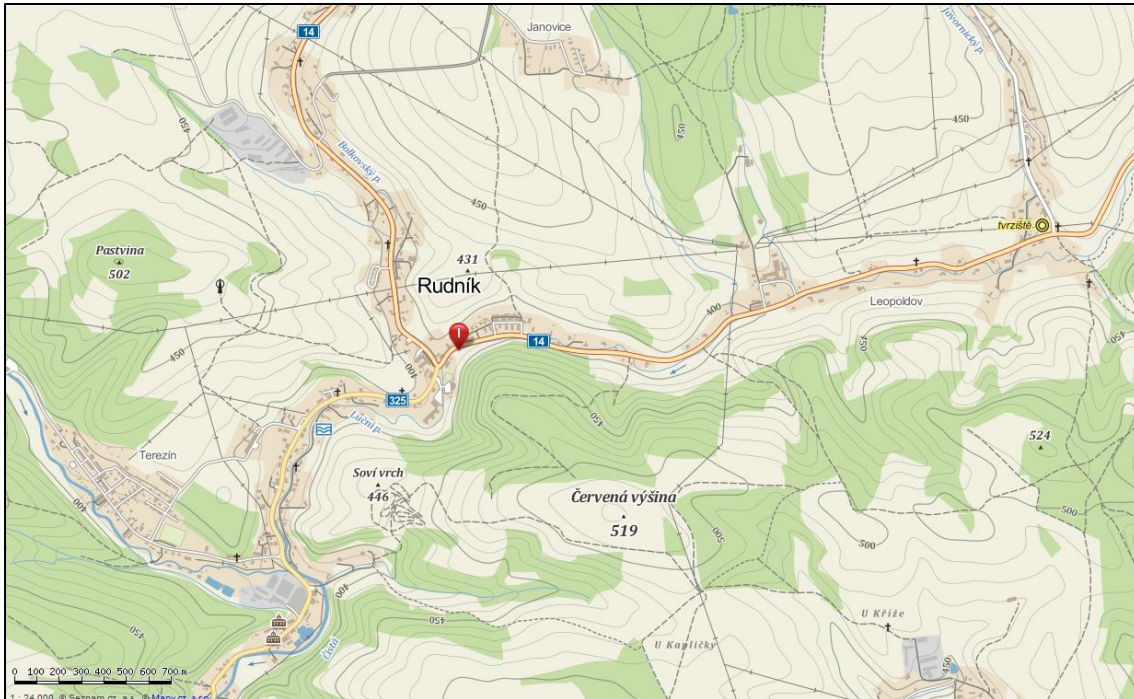
Obr. 5: Mapa Huníkovského potoka s vyznačeným místem odchytku raků



Obr. 6: Mapa Bradavy s vyznačeným místem odchytku raků

2.1.7 Luční – Podkrkonoší

Luční potok pramení 0,5 severně od Hervítovic ve výšce 497 m n.m., ústí zleva do Čisté u Terezína v 370 m n. m.. Plocha povodí je 38,7 km² a délka toku je 8,3 km. Souřadnice toku jsou 50°34'45.018" severní šířky a 15°44'17.416" východní délky.



Obr. 7: Mapa Lučnického potoka v Podkrkonosší s vyznačeným místem odchytu raků

2.1.8 Medvědí potok

Pramení v nadmořské výšce 540 m n.m. v České Kubici. Plocha povodí v ČR je 5,3 km². Tok je dlouhý 4,96 km. Souřadnice GPS 49°21'39.592" severní šířky a 12°52'28.422" východní délky.



Obr. 8: Mapa Medvědího potoka s vyznačeným místem odchytu raků

2.2 Charakteristika významných lokalit

2.1.9 CHKO Český les

Medvědí potok a přítok Novosedleckého potoka se nachází na území CHKO Český les. CHKO Český les tvoří část pohraničního pohoří Českého lesa. Rozloha území je 473 km² sahající od Folmavy na jihu po Broumov na severu. Krajina CHKO je převážně lesnatá a je doplněna pestrá mozaikou pastvin, luk a zarůstajících lad. Zachováním lučních společenstev je krajina tvořena zejména podmáčenými až zrašeliněnými loukami s výskytem chráněných a vzácných druhů rostlin a rozsáhlými nivními lady. Krajina Českého lesa je silně pozměněna historickým vývojem 2. poloviny 20. století.

2.1.10 CHKO České středohoří

Chráněná krajinná oblast České středohoří leží na severu Čech, po obou březích dolního toku české části Labe. Zaujímá rozlohu 1063 km², což je v podstatě rozloha celé geomorfologické jednotky stejnojmenného pohoří. Charakteristické pro toto území jsou kuželovité tvary kopců, které jsou výsledkem třetihorní vulkanické činnosti, což způsobilo vytlačení vyvěřelin většinou čedičového typu a znělce do tvaru kup a příkrovů. Přírodní specifické podmínky dávají českému středohoří statut nejbohatší oblasti na množství druhů rostlin a živočichů v České republice. Charakteristická jsou teplomilná stepní společenstva a společenstva sutí a na ně vázaný výskyt několika desítek druhů, které jsou v rámci státu prohlášeny za kriticky nebo silně ohrožené. Díky vhodným přírodním podmínkám bylo České středohoří velmi brzy osídleno a kultivováno člověkem. Během staletí se tu vyvinula svérázná, harmonicky utvářená krajina, typického reliéfu, krajina ovocných sadů, protkaná množstvím drobných sídel s lidovou zástavbou a vznosnými historickými památkami.

2.2 Metody terénní práce

Metodika monitoringu raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) je součástí monitorování druhů živočichů významných z pohledu Evropské unie, tj. druhů uvedených v přílohách směrnice Rady č. 92/43/EEC o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin.

Terénní výzkum probíhal na 8 lokalitách na území západních, středních a severních Čech v letech 2011 a 2012. Sběr dat byl proveden metodou ručního prohledávání, užívaná při monitoringu AOPK (Dušek a kol., 2006). Metodika byla jednotná na všech lokalitách pro snadnější zpracování dat. Délka prohledaného úseku byla nejméně 100 metrů. V určeném

úseku bylo prohledáváno nejméně 50 úkrytů. Potencionální úkryty jsou např. volné prostory pod kameny, obnažené kořenové systémy, jemný naplavený sediment či spadané listy.

Na každé lokalitě bylo odchyceno 20 – 50 jedinců, byly určeny základní populační charakteristiky a fotografická dokumentace odchycených jedinců. U odchycených jedinců bylo určeno pohlaví a zaznamenaná délka těla (LC), délka karapaxu (l_{car}), hlavová část karapaxu (l_{ccar}), šířka karapaxu (w_{car}), šířka zadečku u samic (w_{abd}). U klepet se měřila délka (l_{che}), výška (h_{che}) a šířka (w_{che}). Vše bylo měřeno pomocí posuvného měřítka.

Po dokončení odchyty raků byla vydezinfikována obuv a ostatní pomůcky, z důvodu zamezení šíření infekčního onemocnění mezi lokalitami, tj. račího moru, který způsobuje masové vymírání populací.

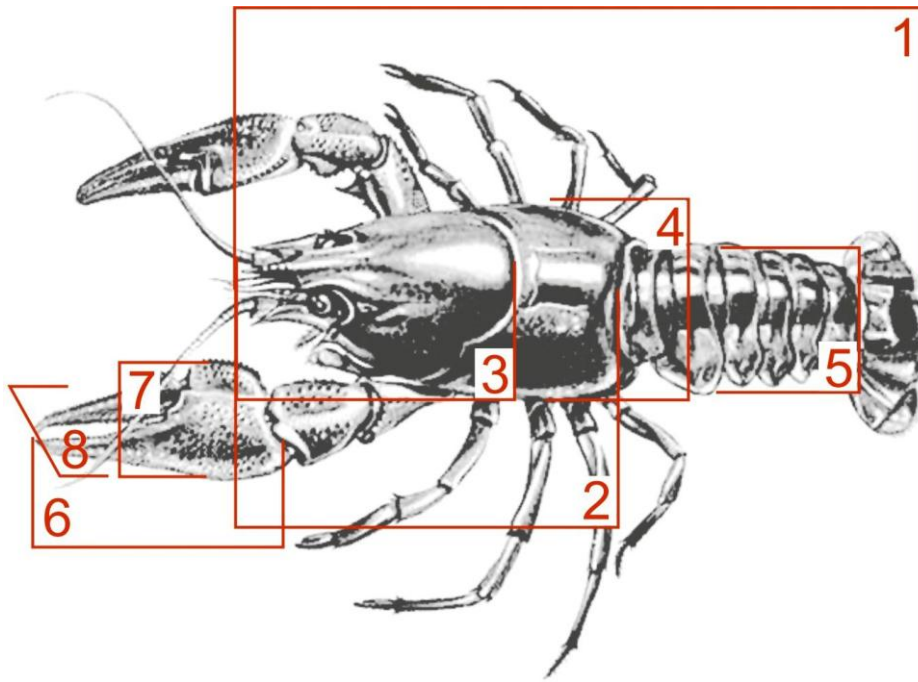
2.3 Metody vyhodnocení dat

Celkem bylo odchyceno a analyzováno 268 jedinců. U všech populací byla hodnocena délková struktura populací a další popisné charakteristiky (průměr, směrodatná odchylka, minimum, maximum).

Změřené údaje (plastické znaky) byly uspořádány do tabulky, byly provedeny výpočty poměrových relativních délek (viz obr. 9): relativní délka karapaxu k délce těla ($l_{car} \times LC$), relativní délka hlavové části karapaxu k délce těla a k celkové délce karapaxu ($l_{ccar} \times LC$, $l_{ccar} \times l_{car}$), šířka karapaxu k délce těla a délce karapaxu ($w_{car} \times LC$, $w_{car} \times l_{car}$), u samic šířka zadečku ku celkové délce těla ($w_{abd} \times LC$). U klepet byla měřena relativní délka k délce těla ($l_{che} \times LC$), výška klepeta k délce klepeta ($h_{che} \times l_{che}$) a šířka klepeta ku délce klepeta ($w_{che} \times l_{che}$). Bylo testováno rozdělení těchto dat pomocí Kolmogorova-Smirnovova testu. Pro další hodnocení byla použita lineární regrese (významnost koeficientu determinace) a pomocí t-testu byl hodnocen sklon regresní přímky ve snaze zjistit, zda analyzované znaky mají izometrický či alometrický růst.

Rozdíly mezi pohlavími byly pak hodnoceny pomocí jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA). Všechny testy byly provedeny na 5% hladině významnosti.

Data byla vyhodnocena pomocí statistického balíku NCSS software. Grafické znázornění bylo provedeno pomocí MS Office 2007.



Obr. 9: 1 – délka těla (LC), 2 – délka karapaxu (l_car), 3- délka hlavové části karapaxu (l_ccar), 4 – šířka karapaxu (w_car), 5 – šířka zadečku, jen u samic (w_ab), 6 – délka klepeta (l_che), 7 – šířka klepeta (w_che), 8 – výška klepeta (h_che)

3 Výsledky

Přítomnost raka kamenáče byla zjištěna na Hrádeckém potoce, v přítoku Novosedleckého potoka, na Zubřině, v Lučním potoce v Českém Středohoří, na Bradavě, v Huníkovském potoce, na Medvědí potoce a Lučním potoce v Podkrkonoší.

Při ručním prohledávání na Hrádeckém potoce byla zjištěna přítomnost 22 jedinců. Určením pohlaví byla zjištěna přítomnost 10 samic a 11 samců. Na přítoku Novosedleckého potoka bylo odchyceno 21 jedinců z toho 11 samic a na Zubřině byla zaznamenána přítomnost 25 raků, 13 samic a 12 samců. Na Lučním potoce v Českém středohoří bylo odchyceno 26 jedinců a zjištěna přítomnost 10 samic a 16 samců. Na Bradavě byla zjištěna přítomnost 50 jedinců, poměr pohlaví byl 1:1. V Huníkovském potoce byla zjištěna přítomnost 46 jedinců, odchyceno bylo 21 samic a 25 samců. Na Medvědí potoce bylo zaznamenáno 30 jedinců, z toho 16 samic a 14 samců. Ručním prohledáváním na Lučním potoce v Podkrkonoší byla zaznamenána přítomnost 43 raků, 23 samic a 20 samců.

Celkem bylo odchyceno 268 jedinců, 139 samců a 129 samic. U všech populací byli jedinci rozdělení podle pohlaví a byla vyhodnocena délková struktura populací a další popisné charakteristiky.

3.1 Délková struktura populací

Délková struktura byla hodnocena u všech uvedených populací. Celková průměrná délka raků na Hrádeckém potoce byla 48,97 mm (SD = 9,83), minimální zjištěná délka byla 35,6 mm a maximální hodnota byla 73,2 mm. Průměrná délka samic na Hrádeckém potoce byla 49,41 mm (SD = 8,79), minimální a maximální zjištěné délky byly 38,1 mm a 68,1 mm. Průměrná délka samců 48,61 mm (SD = 10,6), 35,6 mm a 73,2 mm.

Na přítoku Novosedleckého potoka byla průměrná délka raků 52,19 mm (SD = 13,37) a rozmezí 32 mm a 77,3 mm. Průměrná délka samic na této lokalitě byla 54,09 mm (SD = 14,08), minimální zjištěná délka byla 32 mm a maximální hodnota 73,2 mm. U samců byly naměřeny tyto hodnoty, průměrná délka 50,09 mm (SD = 12,21), rozmezí 33,3 mm a 77,3 mm.

Celková průměrná délka raků na Zubřině byla 57,51 mm (SD = 9,98), přičemž naměřené hodnoty byly v rozmezí 32,2 mm a 73,9 mm. U samic byla průměrná délka 59,07 mm (SD =

7,72), 44,4 mm a 69 mm. U samců byla průměrná délka 55,83 mm (SD = 11,72), minimální a maximální velikost byla 38,2 mm a 73,9 mm.

Na Lučním potoce v Českém středohoří byla průměrná celková délka raků 57,17 mm (SD = 14,13), rozmezí 31,5 mm a 84,9 mm. Průměrná délka samic byla 54,07 mm (SD = 10,05), 34,5 mm, 69,7 mm. U samců na této lokalitě byla průměrná délka 59,11 mm (SD = 15,86), velikost se pohybovala v rozmezí 31,5 mm a 84,9 mm.

Raci na lokalitě Bradava měli celkovou průměrnou délku 59 mm (SD = 11), rozmezí 33 mm a 81 mm. U samic byla průměrná délka 56,74 mm (SD = 8,11), minimální a maximální hodnoty byly 44 mm a 70 mm a u samců byla průměrná délka 59,11 mm (SD = 15,86), rozmezí 31,5 mm a 84,9 mm.

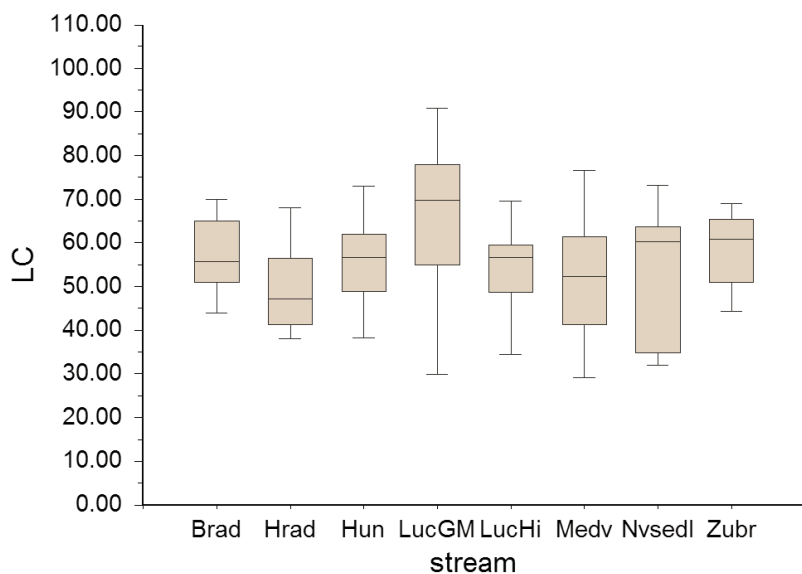
V Huníkovském potoce byla zjištěna průměrná délka 60,1 mm (SD = 12,9), 30,1 mm a 85,2 mm. U samic byla průměrná délka 56,14 mm (SD = 8,72), minimální a maximální hodnoty byly 38,2 mm a 73 mm, u samců 59,11 mm (SD = 15,86), rozmezí 31,5 mm a 84,9 mm.

Celková průměrná délka raků na Medvědí potoce byla 50,78 mm (SD = 10,58), 29,1 mm a 76,6 mm. Průměrná délka samic na Medvědí potoce byla 52,73 mm (SD = 12,62), velikost se pohybovala v rozmezí 23,1 mm a 76,6 mm. U samců byla naměřena průměrná délka 48,55 mm (SD = 6,94), minimální a maximální zjištěná délka byla 37,8 mm a 58,2 mm.

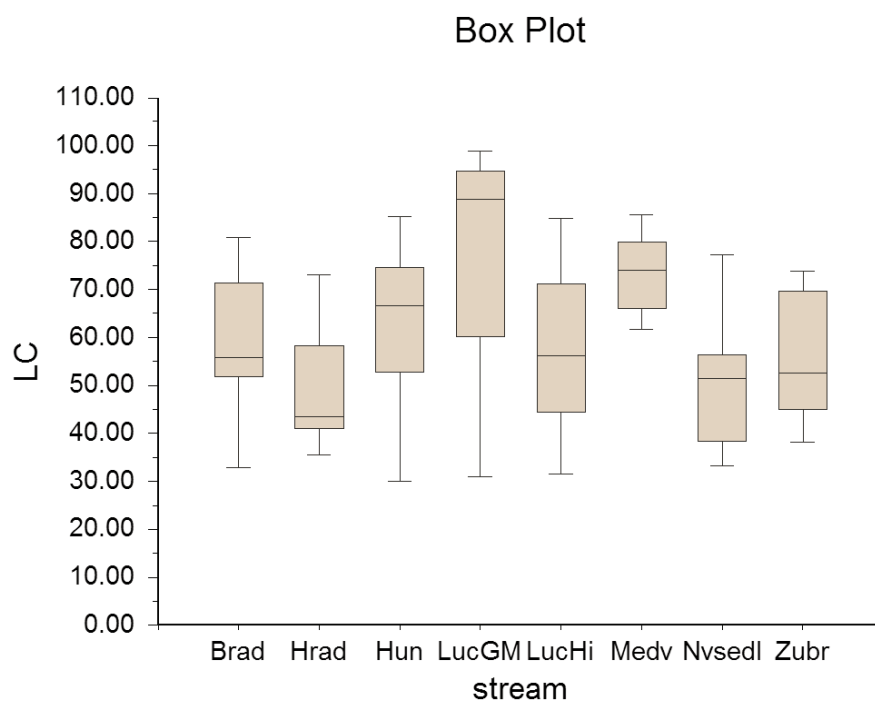
Celková průměrná délka na Lučním potoce v Podkrkonoší byla naměřena 59,5 mm (SD = 19,04), rozmezí 30 mm a 99 mm. U samic byla průměrná délka 66,38 mm (SD = 16,37), naměřená délka se pohybovala v rozmezí 30 mm a 91 mm, u samců 77,36 mm (SD = 20,17), 31 mm a 99 mm.

Délková struktura samic se liší (ANOVA, $F = 3,25$, $P = 0,003$). V obr. č. 10 vidíme největší délkové rozdíly, které jsou mezi toky Luční potok v Podkrkonoší, jedinci jsou zde větší než na Hrádeckém a Medvědí potoce.

Při sledování jednotlivých lokalit výsledky ukazují, že délková struktura populací samců je rozdílná (ANOVA, $F = 7,58$, $P = 0,000$). Z obr. č. 11 je patrných několik konkrétních délkových rozdílů mezi toky. Hlavní rozdíly jsou mezi Lučním potokem v Podkrkonoší a Medvědí, nejmenší jedinci byli změřeny na Hrádeckém a na přítoku Novosedleckého potoka.



Obr. 10: Délková struktura samic na sledovaných lokalitách



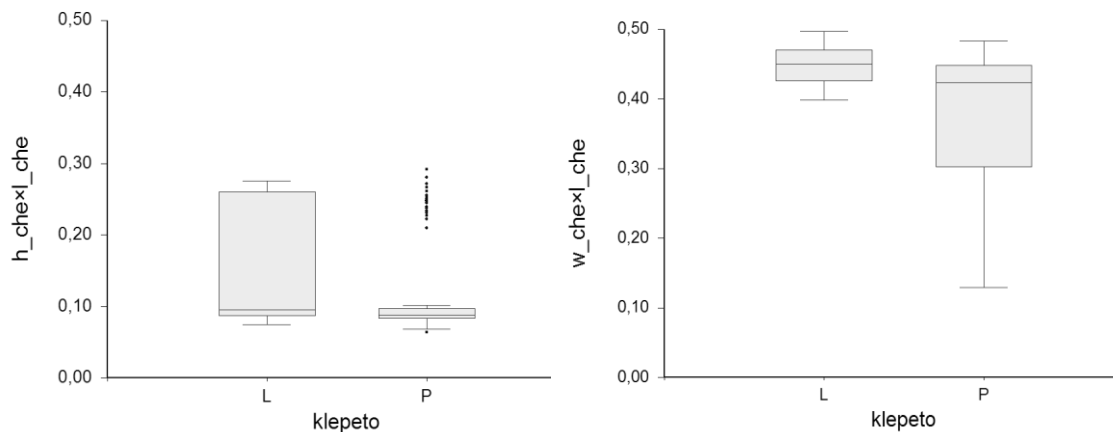
Obr. 11: Délková struktura samců na sledovaných lokalitách

3.2 Individuální rozdíly mezi klepety

Řada raků měla místo pravých klepet regeneráty nebo jim pravé klepeto chybělo. Následující analýzy hodnotily, zda se liší pravá a levá klepeta a zda je možné zahrnout do dalších

hodnocení. Analýzy zjistily, že se pravá a levá klepeta v některých znacích liší (viz obr. č. 12), a proto byly pro další hodnocení použity **pouze hodnoty naměřené u pravých klepet**.

Při vyhodnocení byly zjištěny tyto rozdíly: relativní výška klepeta (ANOVA, $F = 6,96$, $P = 0,009$), relativní poměr šířky a délky klepet (ANOVA, $F = 9,74$, $P = 0,0002$).



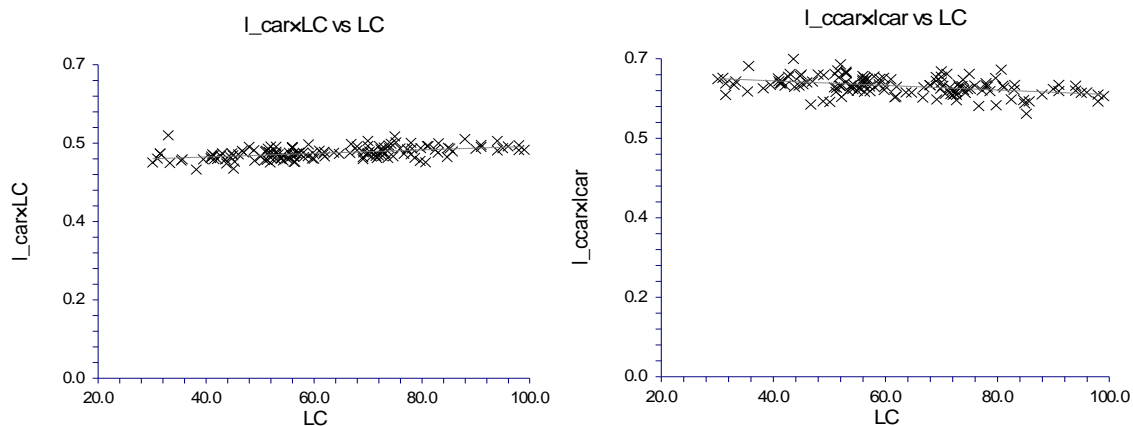
Obr. 12: Znázornění poměru mezi výškou a délkou, a šířkou a délkou pravých a levých klepet

3.3 Vztah měřených plastických znaků k délce těla

Dále byly porovnány jednotlivé struktury, aby byl zjištěn alometrický či izometrický růst s délkou těla.

U samců byl zjištěn fakt, že se u větších jedinců relativní délka karapaxu při růstu zvětšuje. Vztah mezi délkou karapaxu a délkou těla je popsán pomocí rovnice: $l_{car} \times LC = 0,4782 + 0,0004 \times LC$ (t-test, $t = 6,50$, $P = 0,0000$).

Při porovnávání délky hlavové části karapaxu a délky karapaxu bylo zjištěno, že u samců je růst alometrický, což znamená, že hrudní část karapaxu se zvětšuje při růstu. Vztah je zapsán podle rovnice: $l_{ccar} \times lcar = 0,6715 - 0,0005 \times LC$ (t-test, $t = -5,29$, $P = 0,0000$).

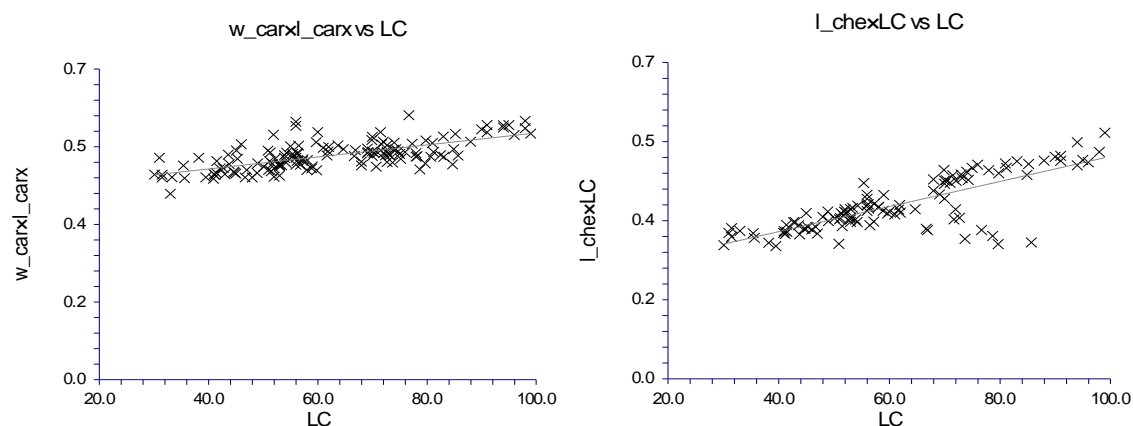


Obr. 13: Znázornění alometrického růstu karapaxu samců vzhledem k délce těla a růstu délky hlavové části karapaxu v porovnání s délkou karapaxu u samců

Při porovnání šířky karapaxu a délky těla byly zjištěny také alometrický růst, tzn. šířka karapaxu se s rostoucí délkou těla zvětšuje. Tento růst je popsateľný rovnicí: $w_{car} \times LC = 0.1987 + 0.0009 \times LC$ (t-test, $t = 14,22$, $P = 0,000$).

Alometrický růst lze tedy předpokládat i u vztahu šířka karapaxu a délky karapaxu, kde odpovídá vztahu: $w_{car} \times l_{carx} = 0.4208 + 0.0014 \times LC$ (t-test, $t = 10,92$, $P = 0,000$).

Také ve vztahu délka klepeta ku délce těla byl zjištěn alometrický růst. Je logické a očekávané, že délka klepet se u větších jedinců zvětšuje. Růst byl popsán podle rovnice: $l_{che} \times LC = 0.2147 + 0.0028 \times LC$ (t-test, $t = 13,31$, $P = 0,0000$).



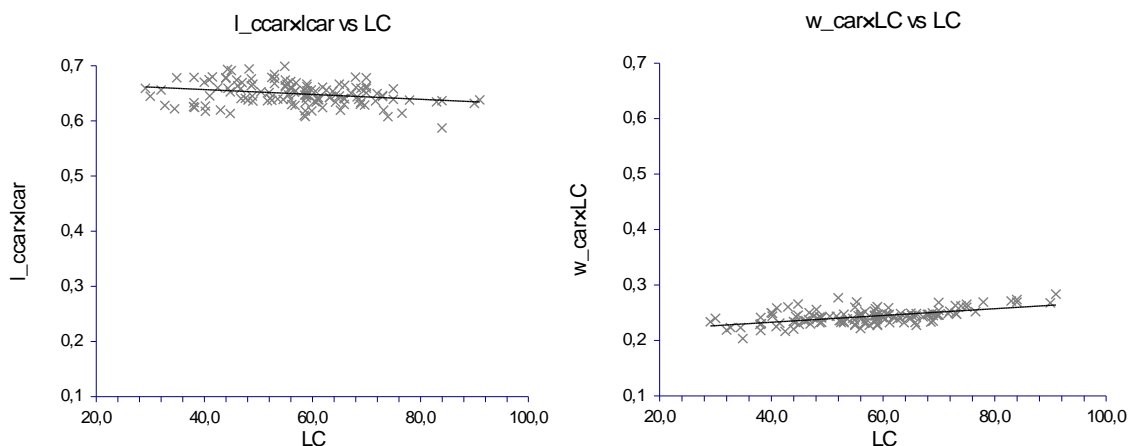
Obr. 14: Znázornění vztahu mezi šířkou karapaxu a délkou karapaxu u samců a délkou pravého klepeta a délkou těla u samců

Vztah mezi růstem výšky pravého klepeta a délky klepeta je izometrický. Což znamená, že růst výšky a délky klepeta je rovnoměrný (t-test, $t = -1,068$, $P = 0,28$).

U vztahu mezi šířkou a délkou pravého klepeta lze pozorovat izometrický růst. Tedy, relativní proporce klepeta, výška a šířka klepeta se nemění. Proporce klepeta se mění v závislosti k velikosti tělu (t-test, $t = -0,44$, $P = 0,65$).

U samic byl vztah mezi délkou karapaxu a délkou těla izometrický. Což znamená, že růst karapaxu a těla byl u samic rovnoměrný (t-test, $t = 0,07$, $P = 0,94$).

Vztah mezi délkou hlavové části karapaxu a délkou karapaxu byl kalkulován podle rovnice $l_ccar \times car = 0,6745 - 0,0004 \times LC$ (t-test, $t = -3,02$, $P = 0,0031$) a byl zjištěný alometrický růst, tj. hlavová část karapaxu se s růstem hrudní částí karapaxu zmenšuje a zároveň se hrudní část karapaxu při růstu zvětšuje.



Obr 15: Vztah mezi délkou hlavové části karapaxu a délkou karapaxu u samic a alometrický růst šířky karapaxu v závislosti na délce těla

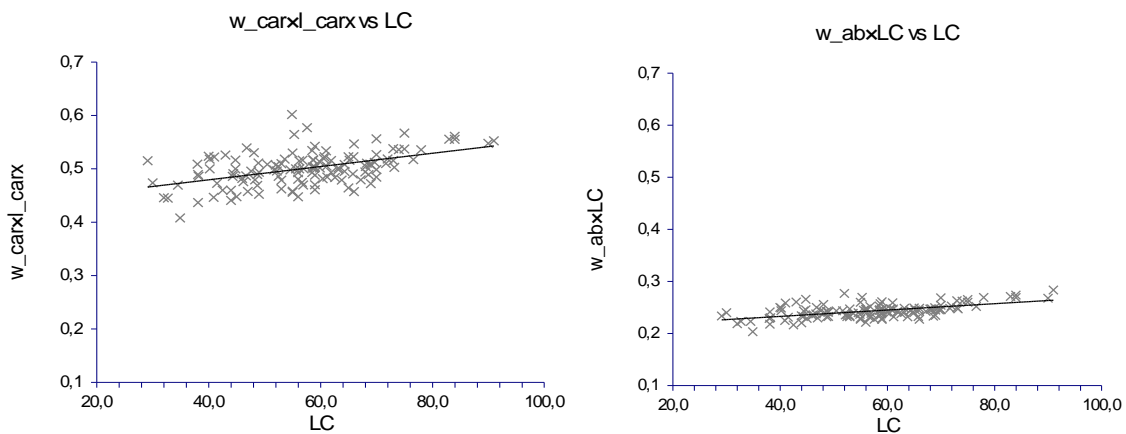
Dalším porovnávaným vztahem byl vztah šířky karapaxu a délky těla. Růst šířky karapaxu ve vztahu délky těla u samic je alometrický, tzn. čím větší je délka těla, tím je karapax relativně širší. Tento růst je popsateľný pomocí rovnice $w_car \times LC = 0,2084 + 0,0006 \times LC$ (t-test, $t = 7,81$, $P = 0,000$).

Také u samic byl zjištěn ve vztahu mezi šířkou karapaxu a délkou karapaxu alometrický růst, který poukazuje na skutečnost, že u větších jedinců je šířka karapaxu větší. Vychází z této rovnice: $w_car \times l_carx = 0,4297 + 0,0012 \times LC$ (t-test, $t = 6,37$, $P = 0,000$).

Při porovnání vztahu mezi délkou klepeta a délkou těla bylo zjištěno, že u samic je tento růst izotermický, tedy rovnoměrný a tento vztah se liší s porovnáním se samci (t-test, $t = 1,82$, $P = 0,07$).

Při zkoumání vztahů mezi výškou a délkou klepet a šířkou a délkou klepet byl zjištěn izotermický růst, tzn. růst klepet ve všech zkoumaných parametrech je rovnoměrný, proporce klepeta se teda nemění a zvětšují se v závislosti k délce těla.

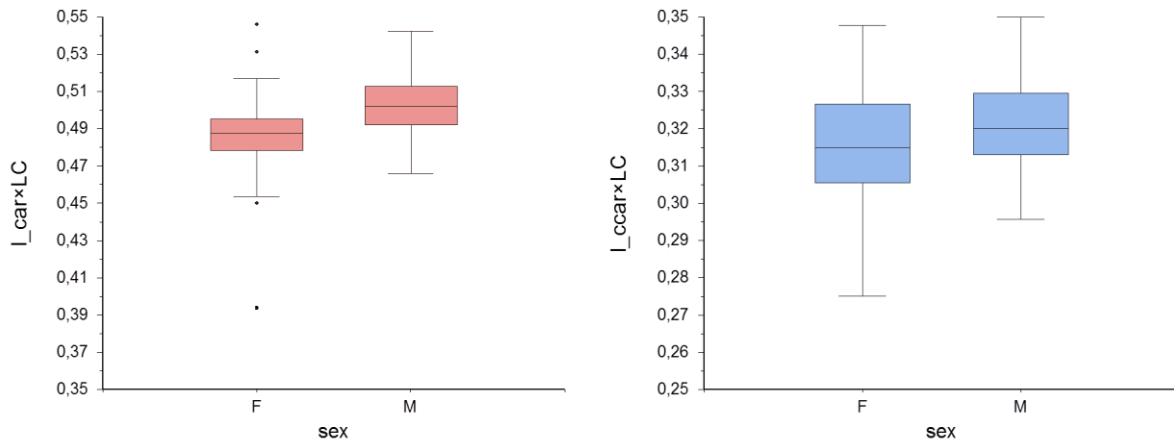
Posledním zkoumaným parametrem byl vztah mezi šířkou zadečku v závislosti na růstu délce těla. Podle rovnice $w_{ab} \times LC = 0,2084 + 0,0006 \times LC$ se zadeček u samic rozšiřuje se zvětšující se délkou těla (t-test, $t = 7,81$, $P = 0,000$).



Obr. 16: Vztah šířkou karapaxu a délkou karapaxu a šířky zadečku k délce těla u samic

3.4 Intersexuální rozdíly plastických znaků

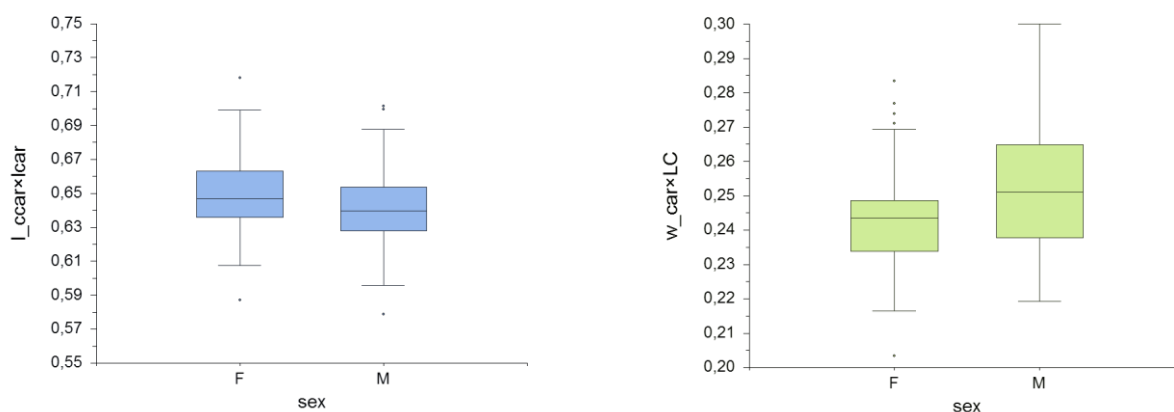
Při porovnávání délky karapaxu s délkou těla bylo zjištěno, že samci mají relativně delší karapax než samice (ANOVA, $F = 71$, $P = 0,000$). U samců byla relativní délka těla 0,50 a u samice 0,486. Minimální hodnoty u samců byly 0,46, maximální 0,54. U samic se tyto hodnoty pohybovaly od 0,39 do 0,54. Tyto údaje jsou patrné v obr č. 17.



Obr. 17: Porovnání délky karapaxu a hlavové části karapaxu s délkou těla u samic a samců

Dále byla porovnávána délka hlavové části karapaxu k délce těla a analýzou bylo zjištěno, že samci (0,322) mají relativně delší hlavovou část k délce těla oproti samicím (0,315), (ANOVA, $F = 12,36$, $P = 0,000$). Rozmezí u samců bylo 0,29 - 0,36, u samice bylo minimum 0,275 a maximum 0,356.

Na obr. č. 18 lze vidět poměr délky hlavové části karapaxu k délce karapaxu u samic a samců (ANOVA, $F = 13,26$, $P = 0,0003$). Z grafu vyplývá, že samice mají relativně delší hlavovou část karapaxu než samci vzhledem k délce těla. U samic se hodnoty pohybovaly od 0,587 do 0,718 a u samců byly hodnoty od 0,578 do 0,701.



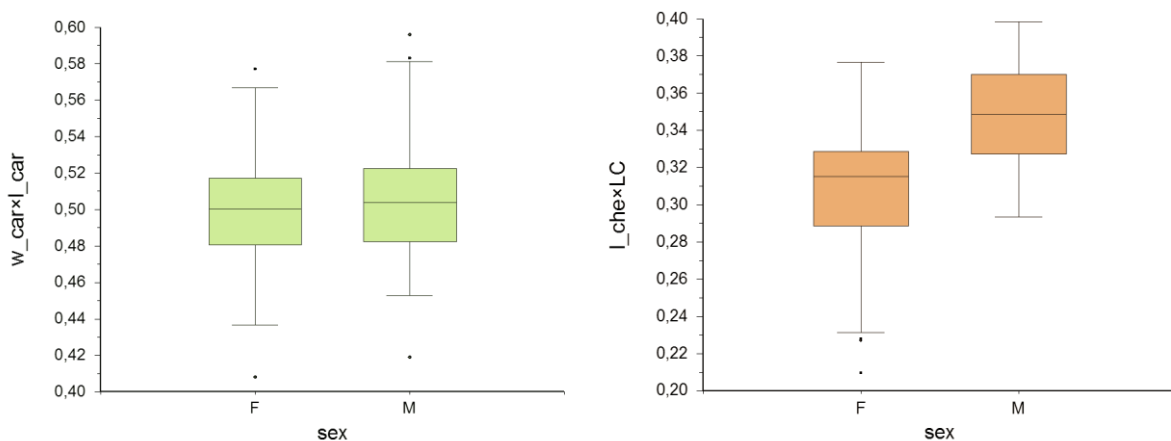
Obr. 18: Porovnání délky hlavové části karapaxu k délce a šířky karapaxu k délce karapaxu u samic a samců

U porovnání šířky hlavové části karapaxu k délce těla bylo zjištěno, že se samice liší od samců (ANOVA, $F = 28,76$, $P = 0,0003$). Oproti samcům mají samice relativně užší karapax než samci vzhledem k délce těla. Hodnota u samic byla 0,243 a u samců 0,254. Rozmezí u samic se pohybovalo mezi 0,203 - 0,284 a u samců bylo rozmezí od 0,219 do 0,301 (viz obr. č. 18).

U vztahu mezi šířkou karapaxu a délkou těla bylo analýzou zjištěno, že samice mají relativně užší karapax než samci vzhledem k délce těla (ANOVA, $F = 28,76$, $P = 0,0003$). Hodnoty u samic byly 0,243 (0,203 - 0,284) a u samců 0,254 (0,219-0,301). Údaje jsou viditelné v obr. č. 18.

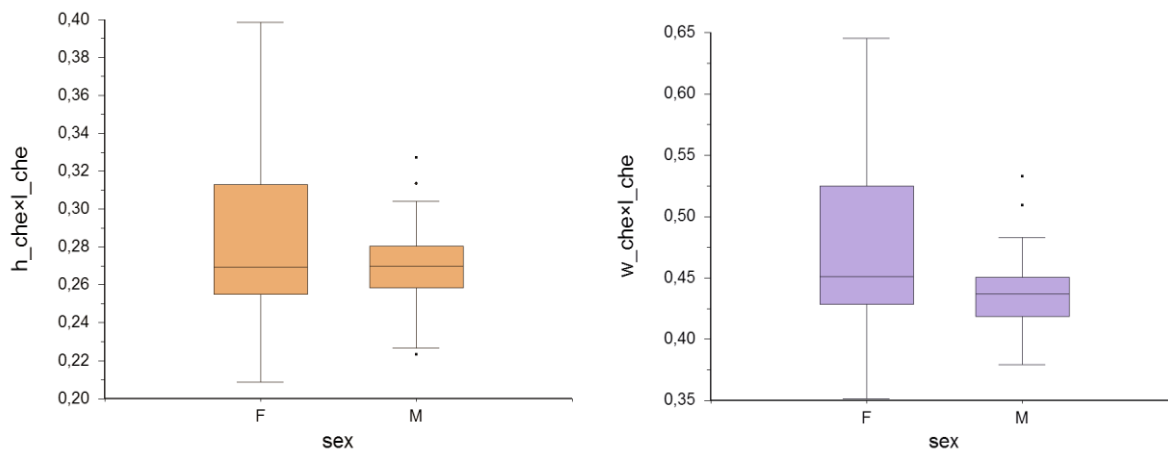
Poměr šířky karapaxu k jeho délce jsou hodnoty u samců a samic stejné, tzn. nejsou zde rozdíly mezi relativní šířkou karapaxu vzhledem k délce karapaxu. Hodnoty u obou pohlaví jsou $P = 0,50$. Minima a maxima u samic byla 0,407 - 0,602 a u samců se hodnoty pohybovaly v rozmezí 0,419 - 0,596 (viz obr. č. 19).

Při porovnávání délky klepeta k délce těla bylo zjištěno, že samice se liší od samců (ANOVA, $F = 139,28$, $P = 0,0000$). Bylo zjištěno, že samice (0,304) mají relativně kratší klepeta oproti k délce těla než samci (0,384). Hodnoty u samic byly v rozmezí - 0,209 do 0,377, u samců se tyto hodnoty pohybovaly od 0,294 do 0,544.



Obr. 19: Vztah šířky karapaxu k délce karapaxu a délky klepeta k délce těla u samic a samců

Při porovnání výšky klepeta k jeho délce bylo zjištěno, že samice mají relativně vyšší klepeta vzhledem k délce klepeta než samci. Zjištěné hodnoty u samic byly 0,28 a u samců 0,27. Rozmezí minima a maxima bylo u samic 0,208 - 0,399, u samců byly hodnoty od 0,223 do 0,327 (viz obr. č. 20).



Obr. 20: Vztah výškou klepeta k jeho délce a šířky klepeta k jeho délce u samic a samců

Na obr. č. 20 lze pozorovat poměr šířky klepeta k délce klepeta. Na grafu lze pozorovat, že samice mají relativně širší klepeta k jejich délce (ANOVA, $F = 27,82$, $P = 0,0000$). Hodnoty u samic byly 0,47, u samců 0,43. Minima a maxima se u samic pohybovala v rozmezí 0,348 - 0,646, u samců byly hodnoty v rozmezí 0,379 - 0,533.

4 Diskuze

V rámci této práce byl realizován výzkum na 8 lokalitách obývaných rakem kamenáčem v letech 2011 a 2012. Bylo odchyceno a analyzováno 268 jedinců, u nichž se provádělo měření (pomocí posuvného měřítka) základních populačních charakteristik. Byla zaznamenána délka těla, délka karapaxu, hlavová část karapaxu, šířka karapaxu, šířka zadečku u samic. U klepet se měřila výška, šířka a délka. Analýzami byly porovnávány základní morfologické znaky vzájemně mezi sebou a také mezi pohlavími navzájem.

Délková struktura u všech populací se pohybovala ve velikostním normálu popsaném dalšími autory (Streissl a Hödl, 2002; Štambergová a kol., 2009; Vlach a kol., 2009b) až na výjimku na Lučním potoce v Podkrkonoší, kde byly naměřené hodnoty větší, tj. přes 100 mm.

Můžeme tedy říci, že relativní velikost karapaxu patří mezi jeden znak sexuálního dimorfismu, který ve své práci popisuje také (Streissl a Hödl, 2002). Alometrie byla zjištěna i u relativní šířky zadečku samic. Tento fakt uvádí i Maguire a kol. (2011), který zjistil vztah mezi velikostí samic v závislosti na velikost vajíček.

Při analýzách znaků vázaných na klepeta bylo zjištěno, že samci mají relativně delší klepeta, což se předpokládalo a tento fakt uvádí ve svých pracích i Štambergová a kol. (2009) a Kozák a kol. (2013), avšak co se týče šířky a výšky klepet, mají samice klepeta širší a vyšší než samci. Je tedy logické že, samice mají relativně vyšší a širší klepeta než samci vzhledem k délce klepeta.

Další analýzou bylo hodnocení vztahu sledovaných znaků k délce těla, tedy jejich změny v souvislosti s růstem (izometrie / alometrie růstu). Alometrií se zabýval také Gould (1966). V této práci jsme ale porovnávali alometrii u obou pohlaví zvlášť a popsali tak specifické změny v růstu některých znaků mezi pohlavími.

Zjistili jsme, že při porovnání délky karapaxu s délkou těla je u samců růst alometrický, ale u samic je tento růst izometrický, tzv. u samců se relativní délka karapaxu u větších jedinců zvětšuje, což ovšem neplatí u samic, kde je tento růst rovnoměrný. Při porovnávání délky hlavové části karapaxu u samic i u samců jsme zjistili alometrický růst, resp. fakt, že hrudní část karapaxu se při růstu zvětšuje, zatímco relativní délka hlavové části karapaxu se snižuje. Porovnáme-li šířku karapaxu k délce těla, zjistíme, že u samic i samců je růst alometrický, tzn. při růstu šířky karapaxu se zvětšuje délka těla. Stejný alometrický růst platí, porovnáme -

li šířku karapaxu k délce karapaxu, u obou pohlaví zjistíme alometrický růst. Z toho vyplývá, že u větších jedinců je šířka karapaxu větší a to u samic i samců.

Porovnáme-li však alometrii u délky klepeta k délce těla u samců a samic, zjistíme, že alometrický růst je pouze u samců. Jak už bylo výše uvedeno, tento fakt se očekával a již u jiných autorů byl zmíněn (Štambergová a kol., 2009; Kozák a kol., 2013). Oproti tomu u samic je růst izometrický a klepeta se s délkou těla nezvětšují, tedy nerostou do délky. Porovnáme-li však výšku a šířku klepet k délce klepet u samic a samců, zjistíme, že u samic i samců je tento vztah, izometrický, což znamená, že šířka a výška klepet se nemění, ale zvětšují se vůči délce těla. Velikost klepet je důležitá především u samců, poměr velikost klepet k velikosti těla určuje různé strategie v konfliktních situacích. Tento fakt popsali Schoeder a Huber (2001), kteří zkoumali rozdíly v boji proti malým a velkým rakům druhu *Orconectes rustice*.

Posledním zkoumaným vztahem u alometrie, bylo hodnocení poměru šířky zadečku k délce těla u samiček. Jak jsme očekávali, růst je alometrický, tzn. zadeček samičky se rozšiřuje s relativně se zvětšující se délkou. To souvisí z výše uvedeným faktem, že větší samičky mají více vajíček a větší vajíčka a větší šířka zadečku je nutná pro jejich ochranu (Maguire a kol., 2011).

Kozák a kol. (2013) uvádí, že je rak kamenáč stále považován naší nejvzácnějším původním druhem raka v centru výskytu ve středních a západních Čechách, a to v povodí řek Úslavy, Úhlavy, Radbuzy, Střely. Klabavy, Berounky a Zubřiny. Vyskytuje se též v CHKO České středohoří, z Podkrkonoší a Domažlicka. Populace v Lučním potoce v Podkrkonoší jsou zjevně introdukované člověkem. Kozák dále uvádí, že genetická diverzita evropských raků byla ovlivněna procesy, jak už geologickými procesy nebo činností člověka v posledních staletí.

O původu a rozšíření raka na území České republiky ale i v Evropě se neustále hovoří a spekuluje. Pešek a kol. (2013) studoval genetickou diverzitu v povodí Labe a dvojí původ českých populací. Existují spekulace, že v povodí Labe je tento druh nepůvodní. Avšak nedávné nálezy ukázaly rozšíření i v povodí Berounky, Českého středohoří a to naznačuje možnou kolonizaci povodí překováním hranic povodí v oblasti Českého lesa. Ve studii se dále uvádí nepravděpodobnost kolonizování oblasti Lučního potoka v Podkrkonoší přirozenou cestou, což potvrzují i výsledky našeho měření, kde se jedinci na této lokalitě značně lišili od ostatních.

Naše výsledky dále potvrdily, že mezi toky jsou významné rozdíly v morfologii (ANOVA, $P < 0,05$), především mezi geograficky izolovanými lokalitami. Konečné závěry a prezentace těchto unikátních dat bude vyžadovat doplnění dalších údajů z Lučního potoka v Podkrkonoší a z lokalit spadajících do úmoří Černého moře.

5 Závěr

Cílem této práce bylo zjistit základní morfologické charakteristiky raka kamenáče z různých subpopulací na území České republiky a pokusit se zjistit rozdíly morfologie raku z těchto populací na základě jejich původu. Terénní výzkum byl prováděn na 8 lokalitách na území západních, středních a severních Čech v letech 2011 – 2012. Sběr byl proveden metodou ručního prohledávání.

Na každé lokalitě bylo odchyceno 20-50 jedinců a byly určeny základní populační charakteristiky. Celkem bylo odchyceno 283 jedinců, 139 samců a 129 samic. U nichž bylo určeno pohlaví a zaznamenaná délka těla, délka karapaxu, hlavová část karapaxu, šířka karapaxu, šířka zadečku u samic. U klepet se měřila délka, výška a šířka. U všech populací byla hodnocena délková struktura populací a další popisné charakteristiky (průměr, směrodatná odchylka, minimum, maximum).

Změřené údaje (plastické znaky) byly uspořádány do tabulky, byly provedeny výpočty poměrových relativních délek. U klepet byla měřena relativní délka k délce těla, výška klepeta k délce klepeta a šířka klepeta ku délce klepeta.

Největší délkové rozdíly u samic byly mezi toky Luční potok v Podkrkonoší, jedinci jsou zde větší než na Hrádeckém a Medvědí potoce a u samců byly tyto délkové rozdíly zjištěny v lokalitách na Lučním potoce v Podkrkonoší a Medvědí, kde byly větší než na Hrádeckém a přítoku Novosedleckého potoka. U řady znaků byly zjištěny rozdíly mezi pohlavími. Dalšími analýzami byly hodnoceny, zda se liší pravá a levá klepeta a zda je možné zahrnout do dalších hodnocení. Analýzy zjistily, že se pravá a levá klepeta v některých znacích liší a proto byly pro další hodnocení použity pouze hodnoty naměřené u pravých klepet. Dále bylo porovnáváno, zda růst byl alometrický či izometrický. Alometrie byla u samců ve všech zjištěných parametrech. Bylo zjištěno, že u větších jedinců se délka karapaxu zvětšuje. U samců byl dále zjištěn alometrický růst i při porovnání hlavové části karapaxu s délkou karapaxu. Alometrický růst se zjistil i u porovnání šířky karapaxu s délkou těla a dále se předpokládá i u vztahu šířky karapaxu s jeho délkou. Logicky je alometrický růst u délky klepeta, která se s zvětšuje s délkou těla. Izometrický růst byl zjištěn při porovnání výšky klepeta s délkou klepeta. Proporce klepeta u samců se mění v závislosti k velikosti k tělu. Porovnáme-li rozdíly, které se zjistily u samic se zjištěnými hodnotami samců. Zjistíme, že

vztah růstu délky karapaxu s délkou těla je izometrický, ale ve vztahu mezi délkou hlavové části karapaxu s délkou karapaxu je, stejně jako u samců, alometrický.

Další vztahy byly alometrické jako u samců. Izometrický růst byl zaznamenán při porovnání vztahů mezi výškou a délkou klepeta, tzn., že proporce klepeta se nemění a zvětšuje se v závislosti k délce těla. U zkoumaných intersexuálních rozdílů plastických znaků byly zjištěny následující rozdíly. Samci mají relativně delší karapax než samice. Samci mají relativně delší hlavovou část k délce těla oproti samicím. Samice mají relativně delší hlavovou část karapax než samci vzhledem k délce těla. Samice mají oproti samcům relativně užší karapax než samci vzhledem k délce těla. Dále bylo zjištěno, že samice mají relativně užší karapax než samci vzhledem k délce těla. Stejně hodnoty byly zjištěny u samic i samců, když jsme porovnali šířku karapaxu k jeho délce. Při porovnání délky klepeta k délce těla bylo zjištěno, že samice se od samců liší. Samice mají relativně kratší klepeta oproti k délce těla než samci. Porovnávali jsme i výšku klepeta k jeho délce a samice mají relativně vyšší klepeta vzhledem k délce než samci. Posledním parametrem, který se porovnával, byla šířka klepeta k jeho délce a zjistilo se, že samice mají relativně širší klepeta k jejich délce než samci. Všechny zjištěné informace byly následně konfrontovány s dostupnou literaturou.

V současné době probíhá intenzivní diskuze o smíšeném původu českých populací a raci v podkrkonoší byli pravděpodobně vysazeny a pochází ze Slovinska, původ populací v povodí Labe je dosud nejasný. Kromě probíhajících genetických analýz se tato práce pokouší řešit tento problém na základě morfologie.

Předem stanovené cíle se podařilo naplnit a tato práce přináší mnoho nových poznatků o populacích raka kamenáče v České republice. Na základě tohoto výzkumu a zjištěných datech na Lučním potoce v Podkrkonoší se bude v následujících letech tato populace a její původ na základě morfologie blíže studovat.

6 Seznam literatury

- Bohl, E. 1987. Comparative studies on crayfish brooks in Bavaria (*Astacus astacus* L., *Austropotamobius torrentium* Schr.). – *Freshwater crayfish* 7: 287-294.
- Broquet, T., Thibault, M. a Neveu, A. 2002. Distribution and habitat requirements of the white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes*, in a stream from the Pays de Loire region, France: an experimental and descriptive study. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 367: 717-728.
- Pešek, P., Leština, D., Vlach P., Fišer D., Martin P., Kozák, P., Petrušek, A. 2013. Zoologické dny Brno 2013. Sborník abstraktů z konference 7.-8. února 2013. – 289 s.
- Dušek, J., Ďuriš, Z., Fischer, D., Petrušek, A., Štamberková, M. a Vlach, P. 2006. Metodika monitoringu raka kamenáče. – *Manuscript*, depon. in AOPK Praha.
- Foster, J. 1995. Factors influencing the distribution and abundance of the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) in Wales and the Marches, U.K. – *Freshwater Crayfish* 8: 78-98.
- Gould, J. S. 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biological review* 41: 587-638.
- Grandjean, F., Bouchon, D., Souty-Grosset C. (2002). Systematic of the European endangered crayfish species *Austropotamobius pallipes* (Decapoda: Astacidae) with a re-examination of the status of *Austropotamobius berndhauseri*. *Journal of crustacean biology*. 22(3): 677-681.
- Harlioglu, M. M. a Grüner, U. 2007. A new record of recently discovered crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Shrank, 1803), in Turkey – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 387: 1-5.
- Holdich, D. M. 2002. Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 367: 611-650.
- Huber, M.G.J. a Schubart, C.D. 2005. Distribution and reproductive biology of *Austropotamobius torrentium* in Bavaria and documentation of contact zone with the alien crayfish *Pacifastacus leniusculus*. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*. 376-377.

- Kozák, P., Ďuriš, Z., Petrušek, 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 T., P. 2002. The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in the Czech Republic. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*. 367: 707-713.
- Kozák, P., Máchová, J. a Polícar, T. 2005. The effect of chloride content in water on the toxicity of sodium nitrite for spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus* Raf.) – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 376-377: 705-713.
- Kozák, P., Ďuriš, Z., Petrušek, 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, 418s. Vodňany.
- Maguiere, I., G. I. V. Klobučar, Erben, R. 2005. The relationship between female size and egg size in the freshwater crayfish *Austropotamobius torrentium*. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 376-377: 777-785.
- Maguiere, I., Klobučar, G. a Jelić, M. 2011. Update on the distribution of freshwater crayfish in Croatia. – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 401: 31.
- Machino, Y. a Füreder, L. 2005. How to find a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803): A biogeographic study in Europe. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 376-377: 507-517.
- Machino, Y. a Holdich, D.M. 2006. Distribution of Crayfish in Europe and Adjacent Countries: Updates and Comments. – *Freshwater Crayfish* 15: 292-323.
- Pârvulescu, L., Pacioglu, O. a Hamchevici, C. 2011. The assessment of the habitat and water quality requirements of the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) and noble crayfish (*Astacus astacus*) species in the rivers from the Anina Mountains (SW Romania). – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 401: 03.
- Schoeder, L. a Huber, R. 2001. Fight strategies differ with size and allometric growth of claws in crayfish, *Orconectes rusticus*. – *Behaviour* 138: 1437-1449.
- Sint, D., Dalla Via, J. a Füreder, L. 2007. Phenotypical characterization of indigenous freshwater crayfish populations. – *Journal of Zoology*.

- Stloukal, E. a Havránková, M. 2005. Distribution of *Austropotamobius torrent* (Decapoda: Astacidae) in Slovakia. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 376-377: 547-552.
- Streissl, F. a Hödl, W. 2002. Growth, morphometrics, size at maturity, sexual dimorphism and condition index of *Austropotamobius torrentium* Schr. – *Hydrobiologia* 477: 201-208.
- Svobodová, J., Štambergová, M., Vlach, P., Pícek, J., Douda, K. a Beránková, M. 2008. The impact of the water quality on the crayfish population in the Czech Republic, comparison with legislation of the Czech Republic. – *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 50(6): 1-5.
- Svobodová, J., Douda, K. a Vlach, P. 2009. Souvislost mezi výskytem raků a jakostí vody v České republice. – *Bulletin VÚRH Vodňany* 45 (2-3).
- Svobodová, J., Štambergová, M., Vlach, P., Pícek, J., Douda, K. a Beránková, M. 2008. The impact of the water quality on the crayfish population in the Czech Republic, comparison with legislation of the Czech Republic. – *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 50 (6): 1-5.
- Štambergová, M., Svobodová, J. a Kozubíková, E. 2009. Raci v České republice (Crayfish in the Czech Republic). – AOPK ČR, 255 s. Praha.
- Trouilhé, M. C., Souty-Grosset, C., Grandjean, F. a Parinet, B. 2007. Physical and chemical water requirements of the white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*) in western France. – *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 17: 520-538.
- Vlach, P., Fischer, D. a Hulec, L. 2009a. Microhabitat preference of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803). – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 384-395: 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: 13.
- Vlach, P., Svobodová, J. a 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.

Vlček, V., Kestřánek, J., Kříž, H., Novotný, S. a Píše, J. 1984. Zeměpisný lexikon Československa. – *Academia*, 316 s. Praha.

Vorbürger, C. a Ribí, G. 1999. Aggression and competition for shelter between a native and an introduced crayfish in Europe. – *Freshwater Biology* 42: 111-119.