

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

Centrum biologie, geověd a envigogiky

Morfologie raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) v ČR s
důrazem na potenciální morfologické rozdíly mezi populacemi s
odlišným původem

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Učitelství pro střední školy, obor Bi-Ge

Lucie Valdmanová

Vedoucí práce: RNDr. Pavel Vlach, PhD.

Plzeň, 2015

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

V Plzni dne

.....

Lucie Valdmanová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc především při zpracování dat a také za pomoc při sběru dat v terénu na lokalitách v Podkrkonoší a v Českém středohoří. Děkuji za podnětné rady a připomínky ke zpracování a korektuře textu. Ráda bych také poděkovala všem, kteří mi pomohli při odchytu raků a za práci v terénu. V poslední řadě děkuji své rodině a přátelům za podporu a trpělivost při studiu.

Obsah

1 Úvod.....	7
1.1. Obecná charakteristika raků.....	8
1.2. Raci v České republice	9
1.2.1. Rak říční (<i>Astacus astacus</i>)	9
Rozšíření ve světě.....	9
Rozšíření v ČR	10
1.2.2. Rak bahenní (<i>Astacus leptodactylus</i>).....	10
Rozšíření v ČR	10
Rozšíření ve světě.....	11
1.2.3. Rak signální (<i>Pacificastacus leniusculus</i>).....	11
Rozšíření v ČR	12
Rozšíření ve světě.....	12
1.2.4. Rak pruhovaný (<i>Orconectes limosus</i>).....	12
Rozšíření v ČR	13
Rozšíření ve světě.....	13
1.3. Morfologie raka kamenáče	13
Morfologické rozdíly a selekční tlaky v populacích na různých lokalitách	14
Alometrie	15
1.4. Rozšíření raka kamenáče	15
Rozšíření v ČR	16
Rozšíření ve světě.....	16
1.5. Ekologické nároky raka kamenáče.....	16
2 Obsah a cíl práce.....	18
3 Metodika	19
3.1. Metodika sběru dat.....	19
3.2. Metodika zpracování dat.....	20
4 Lokality	22
4.1. Luční potok – Podkrkonoší.....	22
4.2. Huníkovský potok	22
4.3. Vrbový potok	23
4.4. Valdecký potok	24
4.5. Luční potok – České středohoří	24

4.6.	Trojhorský potok.....	25
4.7.	Bzovský potok.....	25
4.8.	Chýlava.....	27
4.9.	Rakovský potok.....	27
4.10.	Přešínský potok.....	27
4.11.	Chocenický potok.....	27
4.12.	Přítok Novosedleckého potoka.....	30
4.13.	Medvědí potok.....	30
4.14.	Zubřina.....	30
5	Výsledky.....	33
5.1.	Délková struktura populací.....	34
5.2.	Sexuální dimorfismus.....	35
5.3.	Alometrie.....	38
5.3.1.	Alometrie u samců.....	38
5.3.2.	Alometrie u samic.....	40
5.4.	Morfologické rozdíly mezi skupinami populací s odlišným původem.....	42
6	Diskuze.....	45
7	Závěr.....	49
8	Resumé.....	50
9	Literatura.....	51
10	Seznam příloh.....	55
	Příloha 1: Souhrn naměřených dat u samců..... I.....	55
	Příloha 2: Souhrn naměřených dat u samečků u zadečku a klepet..... II.....	55
	Příloha 3: Souhrn naměřených dat u samic..... III.....	55
	Příloha 4: Souhrn naměřených dat u samic u zadečku a klepet..... IV.....	55
	Přílohy.....	56

1 Úvod

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) patří mezi evropské původní druhy (Kozák a kol., 2002; Souty-Grosset a kol., 2006). Nachází se v mnoha zemích jihovýchodní a střední Evropy v povodí Dunaje a Labe. Tento druh raka lze nalézt ve 20 zemích této části Evropy (Kouba a kol., 2014). Je jedním z pěti druhů raků nacházející se na území České republiky (Kouba a kol., 2014). Nachází se v malých a středních tocích přirozeného charakteru s mírným spádem a velkou členitostí dna (Machino a Füreder, 2005; Vlach a kol., 2009a). Vyskytuje se také v tocích s písčitým či bahnitým dnem. Hrubý substrát využívá k úkrytům, ale byl pozorován také v jílu, ve kterém si vytváří nory, podobně jako jiné druhy raků (Vlach a kol., 2009a). Populace raka kamenáče nalezneme převážně v místech s kamenitým dnem toku (Kozák a kol., 2002). Důležité je také chemické složení vody, členitost pobřeží, kořenový systém, který zasahuje do toku a slouží jako úkryt jedinců před predátory a opad z vegetace (Vorburger a Ribí, 1999; Streissl a Hödl, 2002).

Společně s rakem říčním (*Astacus astacus*) je rak kamenáč v České republice považován za původní druh, přesto že jsou názory, že rozšíření raka kamenáče do povodí Dunaje je výsledkem lidské introdukce (Machino a Füreder, 2005; Pešek, 2013).

Tyto názory se zdají být v současnosti již překonané, především v souvislosti s novými nálezy kamenáče na středním toku Labe v Českém středohoří a Sasku a také provedenými genetickými studiemi (Pešek, 2013).

Oba tyto druhy, jak rak říční, tak rak kamenáč patří mezi kriticky ohrožené druhy v rámci právních předpisů dle vyhlášky č. 395/1992 Sb., jež je součástí zákona o Ochráně přírody a krajiny, č. 114/1992 Sb. Mezinárodní Konvence chrání tento druh Úmluvou o evropské fauně a přírodních stanovištích, Bern, 1979 a směrnicí Rady 92/43/EHS dne 21. května 1992 O ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. Rak kamenáč je zařazen v IUCN v Červeném seznamu jako zranitelný druh (Vlach a kol., 2009b).

V současnosti je původ a rozšíření raka kamenáče velké téma. Řada autorů se zajímá o vliv jakosti vody na přítomnost populací raka kamenáče (Svobodová a kol., 2008). Ve své studii poukazuje na to, že i ve vodách s horší kvalitou jsou zaznamenány populace raka kamenáče, ale populace jsou oslabené. Obecně, ale platí, že se rak kamenáč vyskytuje v tocích, které splňují limity podle nařízení vlády č. 71/2003 SB. pro lososové vody.

1.1. Obecná charakteristika raků

Raci patří mezi největší sladkovodní bezobratlé a hrají významnou roli velkých makrofágů ve vodních ekosystémech (Kozák a kol., 2002; Machino a Füreder, 2005; Vlach a kol., 2012; Kozák a kol., 2013). Raci obecně patří mezi korýše (Crustacea), tedy do skupiny vodních členovců, kteří mají měkké tělo pokryté krunýřem. Krunýř slouží k ochraně těla a je jako opora pro úpon svalů, je tedy vnější kostrou. Tato kostra, tvořená chitinem a prostoupena uhličitanem a fosforečnanem vápenitým, je v časových intervalech svlékána (ekdyze). Tento proces je ovlivněn hormonálně. Stará kutikula praská a rak z ní postupně vylézá, nová kutikula je měkká a jedinec roste. Postupně je za účasti tzv. rakůvek, gastrolitů, krunýř opět zpevněn. Raci mají vysokou schopnost regenerace. Ztracenou část jedince nahradí, ačkoliv se postupně zvětšuje při každém svlékání, většinou nikdy nedosáhne původní velikosti.

Tělo se skládá ze dvou částí, hlavohrudi (cephalothorax) a zadečku (abdomen). Svrchní stranu hlavohrudi kryje hlavohrudní štít (carapax), který vybíhá dopředu, jako špičatý výběžek tzv. rostrum. Po stranách jsou na stopkách složené oči. Za očima jsou postorbitální lišty, jejich počet se druhově liší. Na povrchu štítu jsou u některých druhů drobné trny a hrbolky. Zadeček raka je tvořen sedmi pohyblivě spojenými články, svrchní stranu má krytou tvrdými štítky, spodní část je měkká. Poslední článek zadečku se nazývá telson.

Na každém článku vyrůstá pár končetin, na prvním jsou složené oči a na posledním článku chybí. Hlavohrudní část nese krátká tykadla 1. páru (antenuy), dlouhá tykadla (anteny), kusadla (mandibuly) a dva páry čelistí (maxily). Hrudní část nese osm párů přívěsků, první tři páry jsou příústní nožky (maxilopody), které umožňují manipulaci s potravou, po nich následuje pět párů končetin (pereopody). První pár je zakončen mohutnými klepety, druhý a třetí pár nese jen drobná klepítka, čtvrtý a pátý pár je zakončen drápkem. Zadečkové články nesou po jednom páru dvouvětvých nožek tzv. pleopody. U samců je první a druhý pár zesílený a přizpůsobený ke kopulaci, nazývají se gonopody, u samic jsou zakrnělé. Nohy 5. článku (uropody) jsou ploché, lupínkovité. Telson má tvar plochého lupínku bez končetin a nachází se na něm řitní otvor. Telson společně s uropody tvoří ocasní ploutvičku, umožňující plavat při úniku vzad.

Raci jsou odděleného pohlaví, samci jsou od samic poznat především velikostí. Samci jsou mohutnější a mívají širší a delší klepeta než samice, ta mají klepeta kratší a užší. Pohlavní vývody samic leží na bazálním článku nohou 6. hrudního článku, u samců na bazálním článku nohou 8. hrudního článku (Štambergová a kol., 2009).

K páření našich původních raků dochází v podzimních měsících a začátek období rozmnožování je ovlivněn teplotou vody (Štambergová a kol., 2009). Délka vývoje vajíček je u jednotlivých druhů odlišná. V případě evropských druhů raků nosí samička oplozená vajíčka na spodní straně zadečku až do jara následujícího roku, od konce dubna až v červenci nastává líhnutí. Vývoj je přímý, není larvální stadium. Malí jedinci se pouštějí matky až po několika svléknutí, kdy se osamostatňují.

Raci se živí stravou rostlinného i živočišného původu. Výběr potravy je závislý na podmínkách (věk, roční období, aj.).

Predátoři raků jsou vodní i terestriční živočichové. Nejvíce jsou raci oslabení v juvenilních stadiích a v době svlékání. Pro raky jsou nebezpeční jak bezobratlí tak ryby, ptáci i savci.

Raci jsou největšími zástupci bezobratlých živočichů žijících ve sladkých vodách. Vyskytují se přirozeně na všech kontinentech kromě Afriky a Antarktidy, převážně chybí i v části Asie a Jižní Ameriky. Největší druhové zastoupení je známo ze Severní Ameriky a Austrálie.

1.2. Raci v České republice

V současné době se na území České republiky můžeme setkat s pěti druhy raků ze dvou čeledí, tj. Astacidae a Cambaridae.

Z čeledi Astacidae se u nás vyskytují 3 původní druhy raků. Patří sem rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*), rak říční (*Astacus astacus*) a rak bahenní (*Astacus leptodactylus*). Dva druhy jsou severoamerického původu; z čeledi Astacidae je to rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) a z čeledi Cambaridae je to rak pruhovaný (*Orconectes limosus*).

1.2.1. Rak říční (*Astacus astacus*)

Po stranách karapaxu tohoto druhu jsou trny, které jsou pouze za týlním švem. Bývá jich malý počet (alespoň dva páry). Antenální šupina je hladká. Rak říční má dva páry postorbitálních lišt a zadní pár může být méně výrazný. Klepeta jsou drsná na povrchu, široká. Spodní strana klepet je hladší a sytě červená, někdy až hnědočervená. Tento druh dorůstá více než 15 cm.

Rozšíření ve světě

V současnosti je tento druh rozšířen po celé Evropě. Je nejrozšířenějším původním evropským druhem (Štambergová a kol., 2009). Východní hranici tvoří státy Ruska, Běloruska, Ukrajiny

a Gruzie, jižní pak Řecka a Albánie, severně do Finska. Do Norska a Švédska byl nejspíše introdukovaný až ve středověku, po celé Skandinávii se však považuje za původní druh. Ve Skandinávii a Pobaltí druh nejbohatší populaci. Introdukce do Španělska v 60. letech 20. století byla neúspěšná a v dnešní době se na tomto území nevyskytuje (Kouba a kol., 2014).

Rozšíření v ČR

Na území ČR se vyskytuje rovnoměrně a je naším nejhojnějším původním (i obecně) druhem raka. Na přelomu 19. a 20. století, kdy došlo k oslabení populací vlivem epidemie račího moru, byl rak říční chován a uměle vysazován po celém území. Dnes zjistíme jen těžko, zda je populace původní nebo vysazená. Během 20. století se kvůli zhoršování životního prostředí populace zmenšovaly. V roce 2000 bylo známo 500 lokalit s výskytem tohoto druhu. Největší zastoupení bylo v kraji Severomoravském a Středočeském. V současné době je rak říční zaznamenán na 1082 lokalitách (Štambergová a kol., 2009).

Rak říční se nachází zejména na pomaleji tekoucích potocích a říčkách s velkým množstvím úkrytů. Dno potoků je kamenité, úkryty slouží i kořene kmenů. Dožívá se až 20 let. Plodnost se pohybuje v rozmezí 90 až 260 vajíček. Rozmnožují se s poklesem teploty v podzimních měsících (říjen/listopad). K líhnutí dochází od května do července (Štambergová a kol., 2009).

1.2.2. Rak bahenní (*Astacus leptodactylus*)

Karapax je po stranách silně trnitý, trny jsou před i za týlním švem. Antenální šupina je hladká. Rak bahenní má dva páry postorbitálních lišt. Rostrum je velmi dlouhé s úzkou, silně protaženou špičkou (Štambergová a kol., 2009b). Větší samci mají klepeta úzká a protáhlá, menší jedinci mají klepeta protažena jen nevýrazně. Vnitřní hrany klepet jsou rovné a bez hrbolků. Spodní strana klepe je světle žlutá nebo béžová. Velikost jedinců je 15 cm. Zbarvení je od zelené a šedé přes modrou až po tmavě hnědou až černou.

Rozšíření v ČR

V České republice byl vsazován jako náhrada vyhynulé populace raků říčního. U nás je považován za nepůvodní druh. Rak byl chován a vysazován na řadu lokalit. V současnosti je rak ostrůvkovitě zaznamenán asi na 40 lokalitách převážně ve středních a severních Čechách (Štambergová a kol., 2009).

Rak bahenní se vyskytuje ve sladkých a braktických vodách. Nalezneme ho v jezerech mělkých i hlubokých, řekách a potocích s různým substrátem. Úkryty nehrají velkou roli, oproti jiným druhům má velkou denní aktivitu, žije spíše v litorální vegetaci. Je ze všech původních druhů nejméně náročný na nízký obsah kyslíku, zakalení vody i změn teploty a salinity. Je aktivní i v zimě, a roste rychleji než rak říční. Může se dožít pětilet. Jedinci jsou dospělí ve věku 2 až 3 roky. K rozmnožování dochází od podzimu do jara v závislosti na lokalitě.

Rozšíření ve světě

Původní areál tohoto druhu je ve východní Evropě a západní Asii s centrem v oblasti kolem Kaspického a Černého moře, poté se rozšířil téměř do celé Evropy, kromě Pyrenejského poloostrova, Norska, Švédska. Je rozšířen ve velké části Ruska, Uzbekistánu a Turkmenistánu. Jižní hranici tvoří Kaspické moře, Rusko, Kazachstán, Turkmenistán, Írán, Ázerbájdžán, Arménie. Původní území raka bahenního bylo území na západě sahající až k Bratislavě a Vídni na rakousko-slovenské hranici, dále do JV Polska a západní Ukrajiny. Rak bahenní byl introdukovaný na území západního Polska, Německa, Litvy, Lotyšska, Rakouska (ve východní části je původní), České republiky a snad i Slovenska. V roce 1950 byl druh poprvé zaznamenán v Belgii. V Bělorusku, Chorvatsku, Moldávii, Rumunsku, Bulharsku, Turecku Maďarsku, Srbsku, Řecku, Bosně a Hercegovině, Slovensku a pravděpodobně také v Rakousku je druh původní (Kouba a kol., 2014).

1.2.3. Rak signální (*Pacifcastacus leniusculus*)

Karapax a klepeta jsou na povrchu hladké, bez trnů. Má dva páry postorbitálních lišt. Druhý pár může být méně nápadný. Rostrum je dlouhé a špičaté. Klepeta jsou mohutná a široká, hladká na povrchu z obou stran. Na spojení pohyblivého prstu klepete je tzv. signální skvrna, bílá či namodralá, podle této skvrny je druhový název. Samci dorůstají velikosti 16 cm, samice 12 cm, ale mohou být i větší jedinci. Tento druh má hladký karapax a klepeta. Rak signální je aktivní a migruje proti proudu i po proudu toku, kvůli překonání překážky dokáže migrovat i po souši. V porovnání s evropskými raky je rak signální velmi tolerantní na nepříznivé podmínky prostředí. Vydrží také dlouho bez vody. Tento druh je velkým přenašečem račího moru, který je pro původní evropské druhy smrtelným. Po přenosu račího moru, dochází k masivnímu vymírání populací původního druhu.

Rak signální se dožívá až 20 let. Pohlavně dospívají ve věku 2 až 3 let. Během října dochází k rozmnožování a kladení vajíček, koncem března do konce července se obvykle líhnou malí raci. Jedna snůška má 200 až 400 vajíček.

Rozšíření v ČR

Jedinci na našem území pocházejí ze Švédska. V současnosti je znám z několika lokalit, na jihu a jihovýchodě republiky. Silná populace je na západních Čechách na toku Kouba na Domažlicku.

V Severní Americe se vyskytuje v různých biotopech, obývá malé toky, ale i velká jezera. V Evropě osidluje biotopy jako původní druhy, převážně jako rak říční.

Rozšíření ve světě

Vyskytuje se v chladnějších oblastech na severozápadě USA a jihozápadě Kanady. Přežívá i v braktických vodách. Z USA byl pravděpodobně introdukovaný i do Evropy a Japonska. Rak signální měl nahradit vyhynulé populace raka říčního. Dnes je druh znám z 24 zemí a patří mezi nejrozšířenější nepůvodní druhy v Evropě. Nejvíce jich je zastoupeno ve střední Evropě, Skandinávii, Španělsku a Velké Británii (Kouba a kol., 2014).

1.2.4. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*)

Povrch karapaxu je poměrně hladký, po stranách s nápadnými ostrými trny v oblasti týlního švu. Má pouze jeden pár postorbitálních lišt, které jsou výrazně vystouplé a z obou stran ostře ohraničené. Na svrchní straně zadečkových článků jsou cihlově až hnědočerveně zbarvené příčné pruhy, které jsou nápadné. Rostrum je dlouhé a ostře špičaté. Klepeta jsou drobná, oranžové špičky jsou lemované tmavým proužkem. Spodní strana je světle zbarvená. Na břišní straně samice mezi posledními dvěma páry kráčivých nohou je nepárový otvor do tzv. semenné schránky, která je zrohovatělá (Štambergová a kol., 2009). Dorůstá nejvýše 12 cm, většinou jsou však jedinci menší. Tento druh je přizpůsoben na život v tekoucích i stojatých vodách (Štambergová a kol., 2009). Řeky obývané tímto druhem jsou regulované, nemeandrují a břehy jsou zpevněné kameny nebo kamenným záhozem. Daří se mu i na tocích s bahnitým či jílovitým dnem. Odolává nepříznivým podmínkám, znečištěným vodám, zvýšené teplotě, snížené koncentraci kyslíku, při vyschnutí biotopu přežije i několik týdnů. Stejně jako další dva nepůvodní druhy, je i rak pruhovaný přenašečem račího moru. Dožívá se

několika let, v Americe 4 a v Evropě to může být i více. Rozmnožují se na jaře a na podzim, za příznivých teplot vod (7°C) i v zimě. Vajíčka nosí samice březem až květen, někdy méně. Ve snůšce je až 600 vajíček, oproti evropským druhům je to o 200 kusů vajíček více. Pohlavní zralost získají jedinci již rok po vylíhnutí. Rak pruhovaný má velmi rychlou rozmnožovací schopnost (Štambergová a kol., 2009).

Rozšíření v ČR

Rak pruhovaný byl na našem území odchycen v roce 1988 Hajerem u Ústí nad Labem, kde raky autor pozoroval již dříve. V současnosti se vyskytuje od Hřenska po Pardubice a v řadě labských potoků (Štambergová a kol., 2009). Druh není vázán jen na velké toky, najdeme ho také na spodním toku řek. Rak pruhovaný se vyskytuje i ve stojatých vodách. Byl odchycen také v nádrži Lipno.

Rozšíření ve světě

Rozšíření raka pruhovaného je v oblasti východní části Severní Ameriky. Rozšíření do Maroka bylo poprvé neúspěšné, následující pokusy v dalších letech se povedly. Do Evropy byl přivezen jako náhrada za původní druhy hynoucí na račí mor. Je znám z území Rakouska, Německa, Polska, Chorvatska, Švýcarska, Maďarska, Lucemburska, Belgie a dalších zemí (Kouba a kol., 2014).

1.3. Morfologie raka kamenáče

Rak kamenáč dosahuje velikosti maximálně 100 mm a hmotnosti 40 g. Barva je proměnlivá a může nabývat různých odstínů hnědé, olivově zelené nebo béžové, výjimečně až oranžové. Spodní stranu těla má světlejší. Hlavohruď je bez výrazných trnů či výčnělků, často velmi zrnitá. Tento druh má na hlavohrudí jeden pár postorbitálních lišt, oproti raku říčnímu, který má dva páry těchto lišt. Rostrum je krátké a postranní hroty jsou malé a tupé. Přední část rostra tvoří rovnostranný trojúhelník. Toto tvrzení však platí pro malou část populací, ale v porovnání s rakem říčním je rostrum kratší a její báze poněkud širší (Štambergová a kol., 2009). Klepeta má robustní a oproti tělu velká, u samic jsou menší. Klepeta jsou obvykle béžová, narůžovělá či lehce oranžová. Kloub klepet je světle červený (Štambergová a kol., 2009; Kozák a kol., 2013).

Na hrudi je osm párů přívěsků, první tři páry jsou krátké příústní nožky (maxilopody), sloužící k manipulaci s potravou. Na hrudi je též pět párů končetin (pereopody). První pár je zakončen klepety, čtyři další mají funkci kráčivých nohou, z toho 2. a 3. pár nese drobná klepítka, 4. a 5. pár je zakončen drápkem. Zadečkové články nesou dvouvětévné nožky zvané pleopody. Pleopody jsou u samců zesíleny, a to první a druhý pár, jež jsou přizpůsobeny ke kopulaci. Poslední článek (telson) je plochý a bez končetin, nachází se zde řitní otvor. Hlavová část hlavohrudi nese tykadla 1. páru, tzv. antenuly, tykadla 2. páry (anteny), kusadla (mandibuly) a dva páry čelistí (maxily). Uropody s telsonem tvoří vějířovitou poutvičku, která umožňuje plavat rychle vzad, hlavně při úniku (Štambergová a kol., 2009; Kozák a kol., 2013).

Raci jsou gonochoristi, a proto se u nich projevuje pohlavní dimorfismus. U samců jsou klepeta větší než u samic. Pohlavní vývody u samic jsou na 3. páru pereopodů, samci mají tento vývod na posledním páru (Štambergová a kol., 2009). Jedinci raka kamenáče dospívají ve věku tří let. U samic je pohlavní dospělost při celkové délce těla 59 – 69 mm. K páření dochází obvykle v říjnu a listopadu a trvá 1 – 3 týdny v rámci jedné lokality. Při páření samec přilepuje spermatofoxy na spodní stranu samice, do oblasti vývodů pohlavních cest. Samice klade vajíčka v rozmezí několika dnů či týdnů po spáření. Dojde k oplodnění vajíček, které jsou umístěny pod pleopody samice, kde jsou přichyceny dohromady ve formě hroznů. Proces kladení vajíček a oplodnění trvá několik hodin (Kozák a kol., 2013). Samice kladou 40 – 70 vajec, počet závisí na velikosti samic. Vajíčka raka kamenáče jsou oproti jiným druhům menší (Maguiere a kol., 2005). Vývoj je bez larválního stádia, tedy přímý (Štambergová a kol., 2009b). Líhnutí probíhá od května do poloviny července, období závisí na geografické poloze lokality. Po týdnu se vylíhlá ráčata svlékají do druhého vývojového stádia, jsou již samostatná a začínají přijímat potravu. Oproti třetímu vývojovému stádiu, kdy jsou ráčata již samostatná, ve druhém ještě vyhledávají matku a jsou v její blízkosti. Ve třetím vývojovém stádiu jsou ráčata vývojově vyspělá a dosahují délky 13 – 15 mm (Kozák a kol., 2013).

Morfologické rozdíly a selekční tlaky v populacích na různých lokalitách

Populace raků se liší nejen geneticky, ale samozřejmě za morfologickými rozdíly stojí též selekční tlaky na různých lokalitách. Každá lokalita je jiná, s různou populační hustotou a různě působícími vlivy. Existují rozdíly mezi pohlavními, které byly mnohokrát pozorovány již v minulosti (Streissl a Hödl, 2002; Vlach a kol., 2009a). Za těmito pohlavními rozdíly stojí především sociální chování raků.

Fylogeografie hraje důležitou roli v morfologické variabilitě. V České republice musíme vzít v úvahu tři různé genetické linie, lokality v povodí Labe, lokality v povodí Dunaje a Luční potok v Podkrkonoší, jež hraje zvláštní roli, neboť její pravděpodobný původ je z balkánského poloostrova (Pešek, 2013).

Alometrie

Zásadní roli v morfologických rozdílech hraje též alometrie. Alometrie je v současné době chápána dvěma způsoby.

První, archaický způsob definoval již Huxley (Klingenberg, 1988). Dle jeho definice je alometrie souhrn změn v růstu během ontogeneze; tj. proporcionalita či neproporcionalita růstu nějakého tělesného rozměru vůči jinému rozměru.

Druhý přístup definuje alometrii jakou souhrn morfologických změn mezi vývojovými stádii, především mezi juvenilními jedinci a dospělci (Klingenberg, 1998). V této práci jsou pod pojmen alometrie chápány skutečnosti popsané v prvním Huxleyho přístupu.

1.4. Rozšíření raka kamenáče

Jak popisuje Pešek (2013) rak kamenáč se oddělil od raka bělonohého v důsledku výzdvihu Alp a Dinárských Alp, tato situace vedla k rozdělení původně spojitého areálu společného předka raků rodu *Austropotamobius*. K tomuto oddělení došlo v miocénu. Populace předků raka kamenáče zůstaly izolované ze severu a západu hřbetu Alp a Dinárských Alp a z východu mořem *Paratethys* v oblasti, kde se dnes nalézá Dinárský kras (Klobučar a kol., 2013; Kouba a kol., 2014).

Mnoho autorů se zabývalo tím, že rak kamenáč je v povodí Labe nepůvodní (Holdich, 2002; Machino a Füreder, 2005; Machino a Holdich, 2006). Pešek (2013) se ve své studii testoval genetická data a zaměřil se na vyvrácení či potvrzení hypotézy, zda rak kamenáč je v povodí Labe původním druhem.

V současné době existují tři kolonizační teorie osídlení povodí Labe. První teorie o kolonizaci povodí Labe v interglaciálu předpokládá existenci lokálního glaciálního refugia (Pešek, 2013). Další cesta kolonizace Labe vede řekou Ohří. Do horních toků povodí Ohře v Německu se rak kamenáč mohla dostat překonáním rozvodí se sousedními horními toky Dunaje a Labe (Machino a Holdich, 2006). Pokud by tato teorie byla pravdivá, mohly bychom očekávat výskyt raka kamenáče i v povodí Ohře, zde ale výskyt není znám (Štambergová

a kol., 2009). Poslední možnou cestou je překonání hranic povodí v oblasti Českého lesa a kolonizace povodí Berounky a Labe v holocénu. V oblasti českého lesa se nachází blízko u sebe potoky obývané rakem kamenáčem patřící k povodí Labe a Dunaje. Konkrétně Medvědí a přítok Novosedleckého potoka, které patří k povodí Dunaje a nachází se v těsné blízkosti potoků Zubřina a Radbuza, které patří do povodí Labe. V takové oblasti mohl rak kamenáč překonat hranice rozvodí přechodem souše mezi dvěma blízkými toky nebo za pomoci některých z přirozených vektorů (Pešek, 2013).

Mnoho faktorů ovlivnilo rozšíření v minulosti v Evropě. Pokud se zaměříme na lidské faktory, můžeme mluvit o antropogenním zavlečení raků a následné vysazování v 19. století, hlavním důvodem byla konzumace raků. S vysazováním nepůvodních druhů souvisí negativní dopady na prostředí. Jedním z negativních důsledků vysazování nepůvodních druhů je šíření račího moru a následné vymírání druhů původních (Kouba a kol., 2014).

Rozšíření v ČR

U nás je rak kamenáč pokládán za velmi vzácný druh (Štambergová a kol., 2009b). Celkově je výskyt potvrzen na 39 tocích. Centrum jeho výskytu leží ve středních a západních Čechách, izolované nálezy jsou známy z území CHKO České středohoří, Podkrkonoší a Domažlicka (Štambergová a kol., 2009a; Vlach a kol., 2009b).

Rozšíření ve světě

Výskyt raka kamenáče je potvrzen v několika zemích Evropy (např. Francie, Lucembursko, Švýcarsko, Německo, Česká republika, Rakousko, Slovensko, Maďarsko, Rumunsko, Makedonie, Albánie, Slovinsko, Bosna a Hercegovina, Chorvatsko, Řecko, Itálie, Bulharsko a Černá hora (Holdich, 2002; Stloukal a Havránková, 2005; Machino a Holdich, 2006). Jeho výskyt je zaznamenán též v evropské části Turecka (Machino a Füreder, 2005; Harlioglu a Grüner, 2007).

1.5. Ekologické nároky raka kamenáče

Typickým prostředím pro výskyt raka kamenáče jsou malé až středně velké toky s kamenitým dnem (Machino a Füreder, 2005; Vlach a kol., 2009a). Důležitým parametrem je kamenité dno, kde mezery pod kameny využívají jako úkryty před predátory, jako jsou vydry či norci. K úkrytům využívají také kořenový systém nebo díry pod břehy, do jílovitých břehů si raci

mohou vyhrabat nory. Toky, kde je výskyt raka kamenáče, nejsou obvykle širší než 10 m a jsou většinou, až na výjimky, v nadmořské výšce do 800 m n. m. (Vlach a kol., 2009a).

V České republice jsou v tocích se šířkou 40 cm – 8 m, v nadmořské výšce 360 – 600 m Rychlost vody v toku by neměla překročit 25 m/s. Optimální teplota vody se považuje 14 – 18 °C, při dostatku kyslíku ve vodě může dosahovat teplota až 20°C. Okolí toku je většinou porostlé smíšenými nebo listnatými lesy s pásy keřů, převládající vrby, topoly, jilmy aj. (Vlach a kol., 2009a)

Největší vliv na výskyt raků má regulace a nešetrné úpravy vodních toků s následným opevněním koryt. S intenzivním chovem ryb a vodní drůbeže dochází k zanášení toků a zanášení bahnem úkrytů raků, často též dochází k lokálním otravám. Dalším faktorem omezující výskyt raků je predace norkem americkým či nevhodně volená rybí obsádka i nadměrné vysazování ryb (Svobodová a kol., 2008). Velkou hrozbou jsou invazivní druhy raků, nepůvodní druhy se velmi významně podílejí na přenosu „račího moru“.

Dalším faktorem, který ovlivňuje výskyt a početnost původních raků, je kvalita vody. Na konci minulého století většina toků patřila podle klasifikace ČSN 75 7221 do kategorie znečištěná až velmi znečištěná voda. Toků s neznečištěnou nebo mírně znečištěnou vodou bylo na území České republiky velmi málo. Začátkem tohoto století však můžeme zaznamenat stále postupující trend zlepšování kvality vody. Avšak doposud zůstává mnoho toků, které se řadí spíše do horší kategorie jakosti vody než do třetí třídy, což je znečištěná voda (Svobodová a kol., 2008).

Svobodová a kol. (2008) a Vlach a kol. (2012) se zabývali chemickými a fyzikálními nároky na výskyt raka kamenáče v České republice. Jedním z nejdůležitějších ukazatelů je koncentrace rozpuštěného kyslíku. Spotřeba kyslíku se mění v závislosti na teplotě vody, aktivitě, hmotnosti, stáří a pohlaví a na různém chemismu vody. Důležitým parametrem je pH, které ovlivňuje chemické a biochemické procesy ve vodách. Pro výskyt raka kamenáče je uváděno rozmezí pH 5 – 8,6. Toxicita mědi a zinku se snižuje se zvyšující se koncentrací vápníku ve vodě. Na lokalitách s výskytem raka kamenáče byla většina hodnot pod mezí stanovitelnosti, tedy pod $0,005 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$. Hodnoty mědi na lokalitách byla naměřena $0,002 - 0,007 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$ (Svobodová a kol., 2008). Rak kamenáč dokáže přežít i ve vodách s horší kvalitou vody, populace jsou však oslabené a méně početné. Někdy se stane, že část populace dokáže přežít dočasně i vysoké koncentrace znečišťujících látek v toku. Raci se dokáží skrýt v přítocích nebo v norách zahloubených v březích, avšak pokud vysoké koncentrace na

lokality přetrvávají delší dobu, dochází k oslabení imunitního systému (Svobodová a kol., 2008).

Posledním faktorem výskytu raka kamenáče souvisí jak podmínky prostředí a jeho nároky na prostředí, ale také jsou důležité vztahy s jinými organismy. Důležitým faktorem na výskyt raka kamenáče je mezidruhová konkurence s jinými druhy raků. Rak kamenáč je druhem, který je nejmenší a nejpomalejší v růstu, což pro něho znamená, že je často jinými druhy vytlačen.

2 Obsah a cíl práce

Výzkum probíhal na 14 lokalitách na území západních, středních a severních Čech. Celkem bylo odchyceno 408 jedinců, z toho 205 samic a 203 samců. U každého jedince byly změřeny plastické znaky, které byly analyzovány.

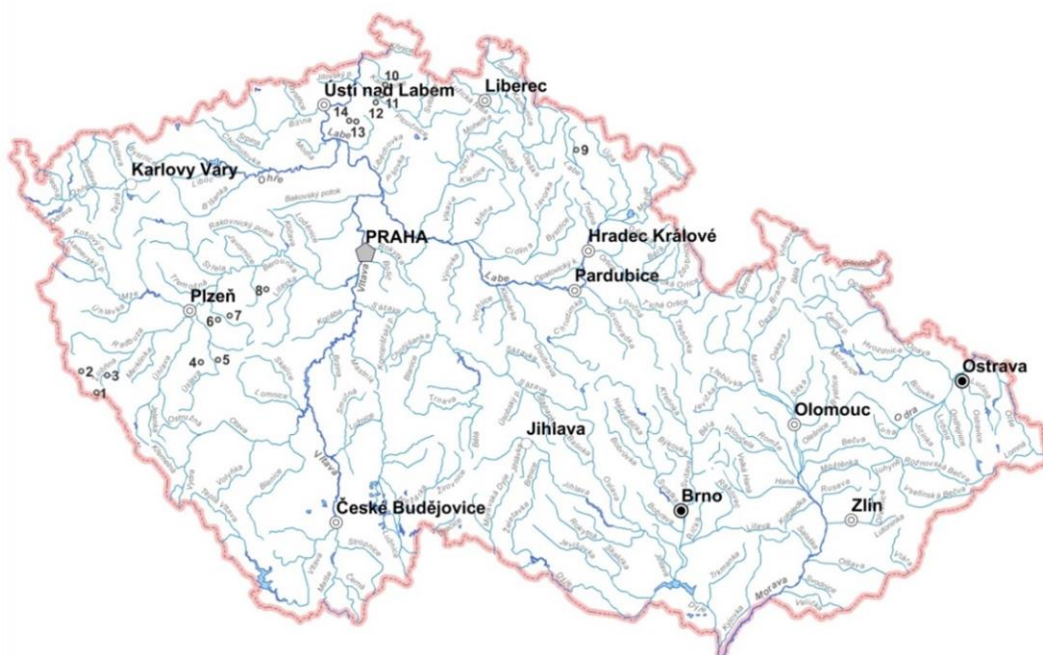
Cílem bylo:

- na základě morfologických parametrů zjistit rozdíly mezi jednotlivými populacemi na území České republiky
- na základě morfologie zjistit potenciální morfologické rozdíly mezi populacemi s odlišným původem

3 Metodika

3.1. Metodika sběru dat

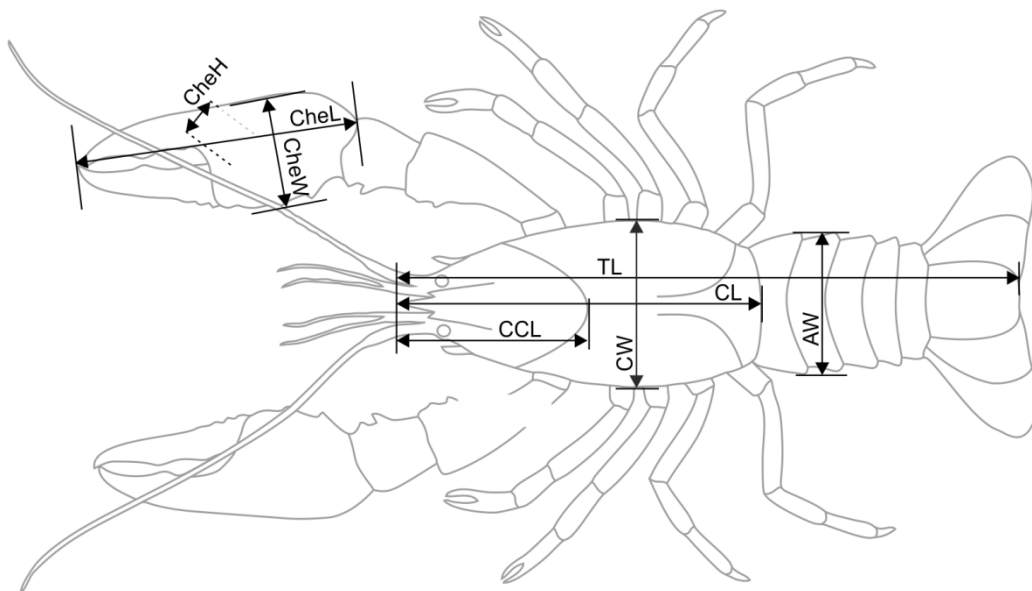
Výzkum probíhal na těchto lokalitách (viz obr. 1): Medvědí potok (1), levý přítok Novosedleckého potoka (2), Zubřina (3), Chocenický potok (4), Přešínský potok (5), Rakovský potok (6), Chýlava (7), Bzovský potok (8), Luční potok - Podkrkonoší (9), Huníkovský potok (10), Vrbový potok (11), Valdecký potok (12), Luční potok - České Středohoří (13) a Trojhorský potok (14). Sběr dat byl proveden metodou ručního prohledávání, užívaná při monitoringu AOPK (Dušek a kol., 2006). Metodika byla jednotná na všech lokalitách. 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.



Obr. 1: Mapa České republiky se zobrazenými lokalitami: 1. Medvědí potok, 2. Levý přítok Novosedleckého potoka, 3. Zubřina, 4. Chocenický potok, 5. Přešínský potok, 6. Rakovský potok, 7. Chýlava 8. Bzovský potok, 9. Luční potok (Podkrkonoší), 10. Huníkovský potok, 11. Vrbový potok, 12. Valdecký potok, 13. Luční potok (České středohoří), 14. Trojhorský potok

Na každé lokalitě bylo odchyceno 30 - 36 jedinců, kteří byli uchováni v plastové nádobě, poté byli určeni pomocí posuvného měřítka s přesností na desetiny mm. Byly odhadnuty základní populační charakteristiky. Celkem bylo odchyceno a analyzováno 408 jedinců, z toho 205 samic a 203 samců. Vzhledem k sexuálnímu dimorfismu byla morfologická data analyzována pro každé pohlaví zvlášť. U odchycených jedinců bylo měřeno 8 plastických znaků, a to (viz obr. 2): délka těla (1), délka karapaxu (2), hlavová část karapaxu (3), šířka karapaxu (4), šířka zadečku (5). U klepet byla měřena výška (6), šířka (7) a délka (8).

Po odchytu raků byla vždy dezinfikována obuv i ostatní pomůcky, z důvodu zamezení šíření infekčního onemocnění mezi lokalitami, které způsobuje vymírání populací v masovém měřítku.



Obr. 2: Měření pro vypracování práce. 1 - délka těla (CL), 2 - délka karapaxu (TL), 3- délka hlavové části karapaxu (CCL), 4 - šířka karapaxu (CW), 5 - šířka zadečku (AW), 6 - délka klepeta (CheL), 7 - šířka klepeta (CheW), 8 - výška klepeta (CheH)

3.2. Metodika zpracování dat

U všech populací byla hodnocena délková struktura (průměr, směrodatná odchylka, minimum, maximum).

Plastické znaky byly zpracovány do tabulek a dále byly provedeny výpočty poměrových relativních délek (obr. 2): délka těla ku délce karapaxu ($CL \times TL$), délka hlavové části

karapaxu ku délce karapaxu ($CCL \times CL$), šířka karapaxu ku délce karapaxu ($CW \times CL$), šířka zadečku ku délce karapaxu ($AW \times CL$). Klepeta byla měřena délka ku délce karapaxu ($CheL \times CL$), výška klepeta ku délce klepeta ($CheH \times CheL$) a šířka klepeta ku délce klepeta ($CheW \times CheL$).

Dále byl hodnocen sexuální dimorfismus pomocí Kruskal – Wallis analýzy rozptylu (Kruskal – Wallis ANOVA).

Potenciální alometrie byly hodnoceny v relativních hodnotách jednotlivých znaků – jako podíly velikosti daného znaku k délce karapaxu ($TL \times CL$, $CCL \times CL$, $CW \times CL$, $AW \times CL$, $CheL \times CL$), resp. k délce klepeta ($CheW \times CheL$, $CheH \times CheL$). 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.

V poslední fázi bylo provedeno hodnocení, které mělo za úkol zjistit, zda jsou zjištěné morfologické rozdíly větší mezi populacemi s odlišným původem (tj. z povodí Dunaje, Labe a z okolí Rudníku v Podkrkonoší) nebo ne. Toto hodnocení potenciálních morfologických rozdílů mezi skupinami populací s odlišným původem bylo provedeno pomocí Clusterové analýzy. V Clusterové analýze byla porovnávána standardizovaná data, tj. vypočtené hodnoty morfologických znaků pro délkové skupiny od 30 do 90 mm po 10 mm, z odhadnutých regresivních křivek pro danou populaci. Tyto testy byly vypočteny na 5% hladině významnosti.

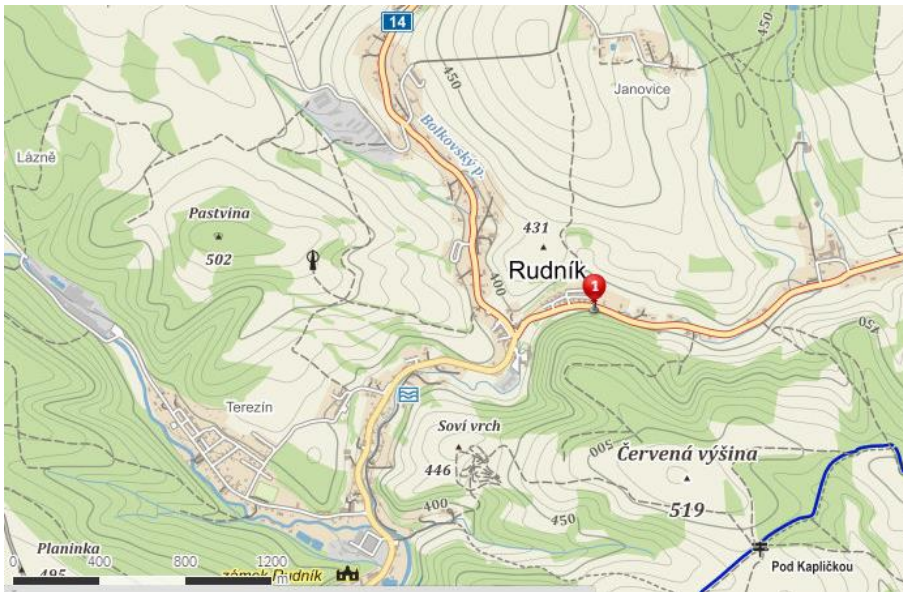
Pro tyto účely (souvislosti s různou délkovou strukturou a tedy kvůli odstranění vlivu alometrického růstu) byly vykalkulovány regresní křivky pro každý znak (resp. jeho relativní velikost vzhledem délce těla) a populaci a z nich byla vypočtena příslušná hodnota. Tyto vypočtené hodnoty pak byly porovnány pomocí Clusterové analýzy (metoda nearest neighbour).

Data byla vyhodnocena pomocí statistického balíku NCSS 7 a 9 software. Grafické znázornění bylo provedeno pomocí MS Office 2010.

4 Lokality

4.1. Luční potok – Podkrkonoší

Tento potok pramení v nadmořské výšce 497 m n. m. 0,5 km severně od Hervítovic a ústí zleva do Čisté u Terezína v nadmořské výšce 370 m n. m.. Plocha povodí je 38,7 km² a délka toku činí 8,3 km. Souřadnice Lučního potoka jsou 50°34'45.018" severní šířky a 15°44'17.416" východní délky (Vlček a kol., 1984). Populační hustota na tomto toce je 1.09 j. × m⁻², jiný druh raka není znám (Vlach a kol., 2009b).



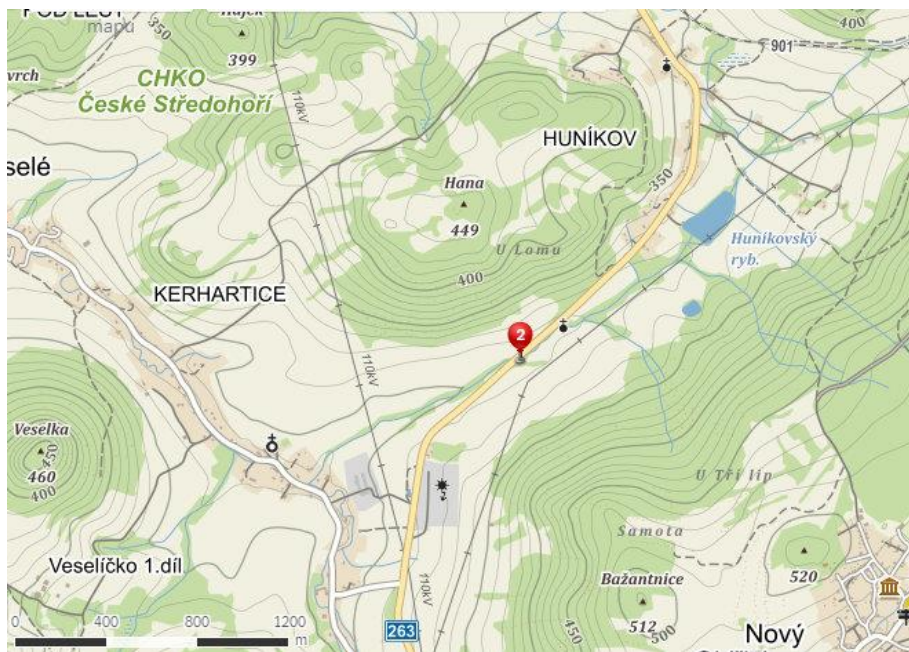
Obr. 3: Mapa Luční potok – Podkrkonoší s vyznačeným místem odchytu raků

4.2. Huníkovský potok

Huníkovský potok pramení v nadmořské výšce 335 m n. m. u obce Huníkov. Zprava ústí do Bystré. Plocha povodí je 3,9 km². Délka toku je 3,4 km. Tok protéká CHKO České Středohoří. Souřadnice jsou 50°46'28.445" severní šířky a 14°24'51.735" východní délky (Vlček a kol., 1984). Populační hustota na tomto toce je 2.19 j. × m⁻², jiný druh raka se zde nevyskytuje (Vlach a kol., 2009b).

4.3. Vrbový potok

Tento potok vytéká z Černého rybníka u města Žandov v nadmořské výšce okolo 340 m n. m.. Vrbový potok je pravým přítokem Ploučnice ve městě Žandov. Délka toku je 4,113 km. Tok protéká CHKO České Středohoří. Souřadnice jsou 50°72'28.872" severní šířky, 14°40'58.494" východní délky. Populační hustota na tomto toce není známa a jiný druh nebyl nalezen.



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



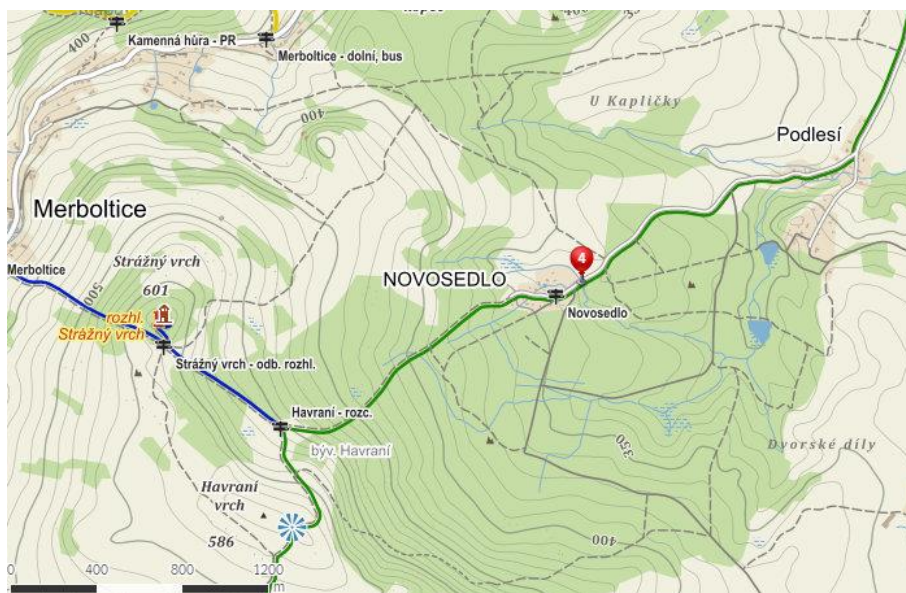
Obr. 5: Mapa Vrbového potoka s místem odchytu raků

4.4. Valdecký potok

Valdecký potok pramení v nadmořské výšce 390 m a délka toku je 5 km. Tento tok je levým přítokem Ploučnice. Tok protéká CHKO České Středohoří. Jeho souřadnice jsou 50°68'87.125" severní šířky, 14°38'30.856" východní délky. Na Valdeckém potoce populační hustota nebyla zjišťována, jiný druh raka nebyl zjištěn.

4.5. Luční potok – České středohoří

Potok pramení v nadmořské výšce 398 m n. m. u Třebušína. Plocha povodí činí 38,7 km² a délka toku je 9,6 km. Souřadnice GPS jsou 50°35'55.895" severní šířky a 14°12'55.036" východní délky. Populační hustota na tomto toce je 0.88 j. × m⁻², jiný druh raka není znám (Vlach a kol., 2009b).



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



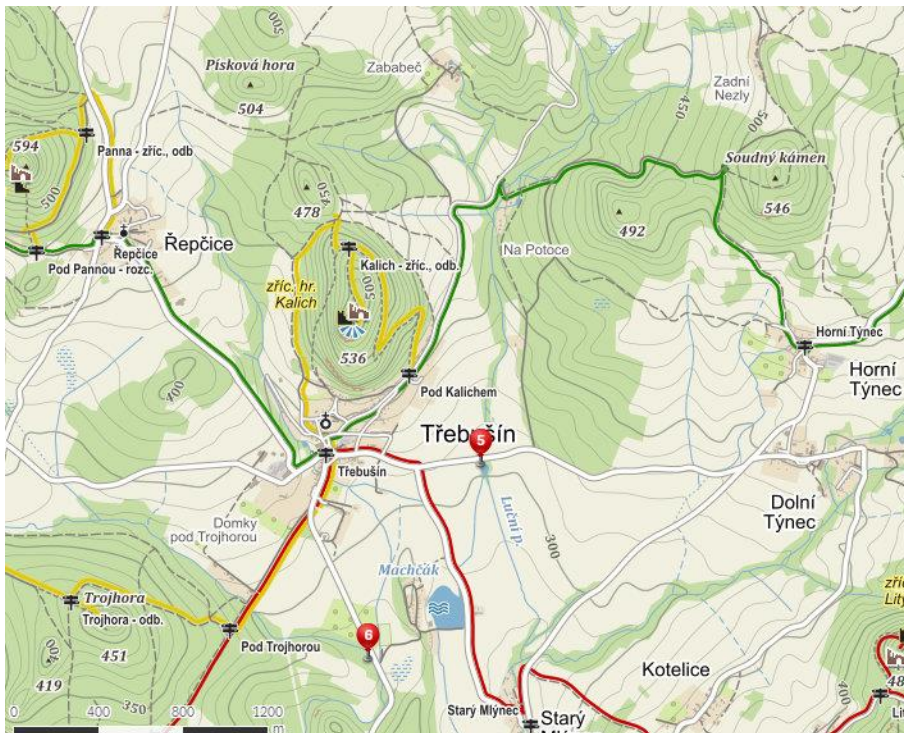
Obr. 7: Mapa Lučního potoka v Českém středohoří s vyznačeným místem odchyту raků

4.6. Trojhorský potok

Trojhorský potok pramení ve výšce 419 m n. m. necelých 0.5 km od obce Rýdeč. Je přítokem Lučního potoka. Délka toku je 7 km. Souřadnice GPS jsou 50°59' 6.161" severní šířky a 14°20'77. 819" východní délky. Populační hustota na tomto toce je 0.20 j. × m⁻², jiný druh raka nebyl na toku nalezen (Vlach a kol., 2009b).

4.7. Bzovský potok

Tento tok pramení ve výšce 523 m n. m. v CHKO Kokořínsko. Vlévá se do Stroupínského potoka ve výšce 311 m n. m.. Délka toku je 5 km. Bzovský potok protéká CHKO Křivoklátsko. Souřadnice toku jsou 49°89'63.872" severní šířky, 13°88'37.964" východní délky. Populační hustota na tomto toce je 1.88 j. × m⁻², na toce se vyskytuje také rak bahenní (*Astacus astacus*) (Vlach a kol., 2009b).



Obr. 8: Mapa Trojhorského potoka s vyznačeným místem odchyťů raků



Obr. 9: Mapa Bzovského potoka s vyznačeným místem odchyty raků

4.8. Chýlava

Tok pramení ve výšce 514 m n. m. 3 km od Těškova v přírodním parku Radeč, délka toku je 9 km. V nadmořské výšce 394 m n. m. se vlévá do Holoubkovského potoka. Chýlava protéká také přírodním parkem Trhoň. GPS souřadnice 49°76'36.214" severní šířky, 13°66'55.331" východní délky. Tok je zachován s původními meandry, je zastíněn díky okolní lesní vegetaci. Populační hustota na tomto toce je $2.96 \text{ j.} \times \text{m}^{-2}$. Výskyt jiného druhu raka není znám (Vlach a kol., 2009b).

4.9. Rakovský potok

Tok pramení u obce Raková v nadmořské výšce 466 m n. m.. Délka toku je 5,7 km. Ve výšce 352 m n. m. se vlévá zleva do Klabavy. GPS souřadnice toku jsou 49°72'31.969" severní šířky a 13°57'99.397" východní délky. Tok je zastíněn příbřežní vegetací. Populační hustota na tomto toce je $2.07 \text{ j.} \times \text{m}^{-2}$, jiný druh raka není znám (Vlach a kol., 2009b).

4.10. Přešínský potok

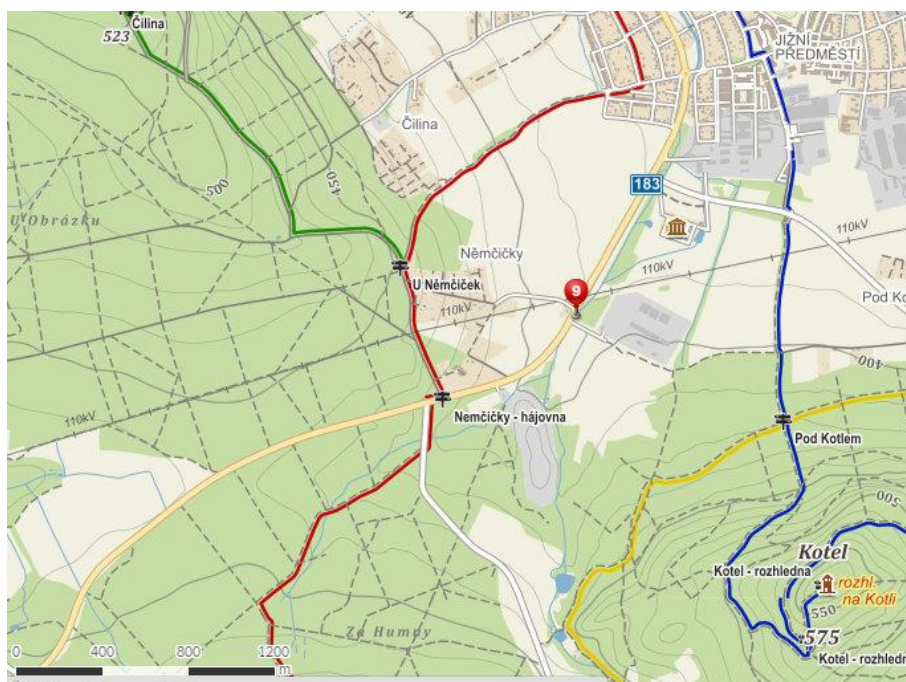
Tento potok o délce 6,3 km, pramení ve výšce 604 m n. m.. Vlévá se ve 240 m n. m. do Úslavy u obce Ždírec. Souřadnice jsou 49°55' 23.511" severní šířky a 13°57'75.297" východní délky. Tok je přirozeného charakteru, v zastínění okolní vegetací. Populační hustota na tomto toce je $3.8 \text{ j.} \times \text{m}^{-2}$. Jiný druh raka není znám (Vlach a kol., 2009b).

4.11. Chocenický potok

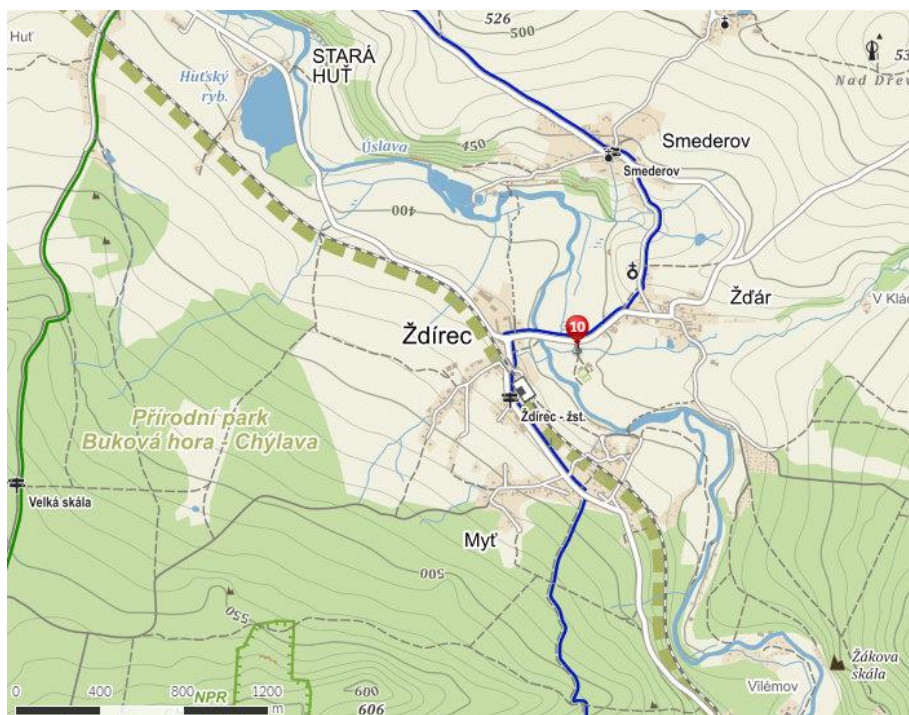
Pramení 0,5 km s. od Jarova ve výšce 491 m n. m., ústí zleva do Úslavy v Blovicích v 380 m n. m., plocha povodí $25,7 \text{ km}^2$, délka toku je 7,4 km. Mimopstruhová voda (Vlček a kol., 1984). Populační hustota na tomto toce je $2.12 \text{ j.} \times \text{m}^{-2}$, na toce se vyskytuje společně s rakem kamenáčem i rak bahenní (Vlach a kol., 2009b).



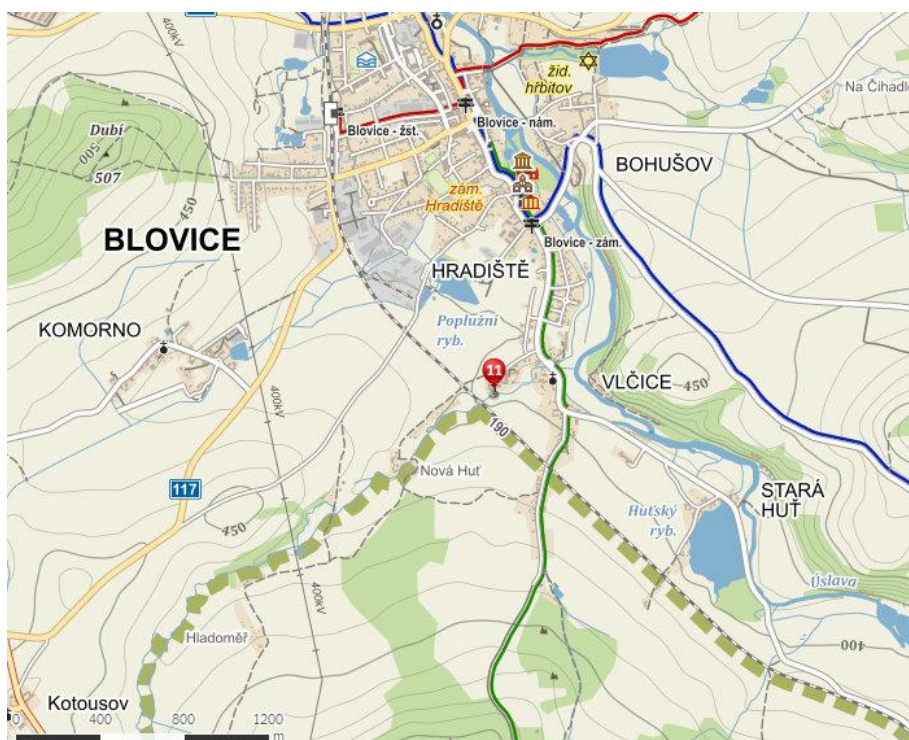
Obr. 10: Mapa Chýlavy s vyznačeným místem odchyту raků



Obr. 11: Mapa Rakovského potoka s vyznačeným místem odchyту raků



Obr 12: Mapa Přešinského potoka s vyznačeným místem odchyту raků



Obr 13: Mapa Chocenického potoka s vyznačeným místem odchyту raků

4.12. Příklad Novosedleckého potoka

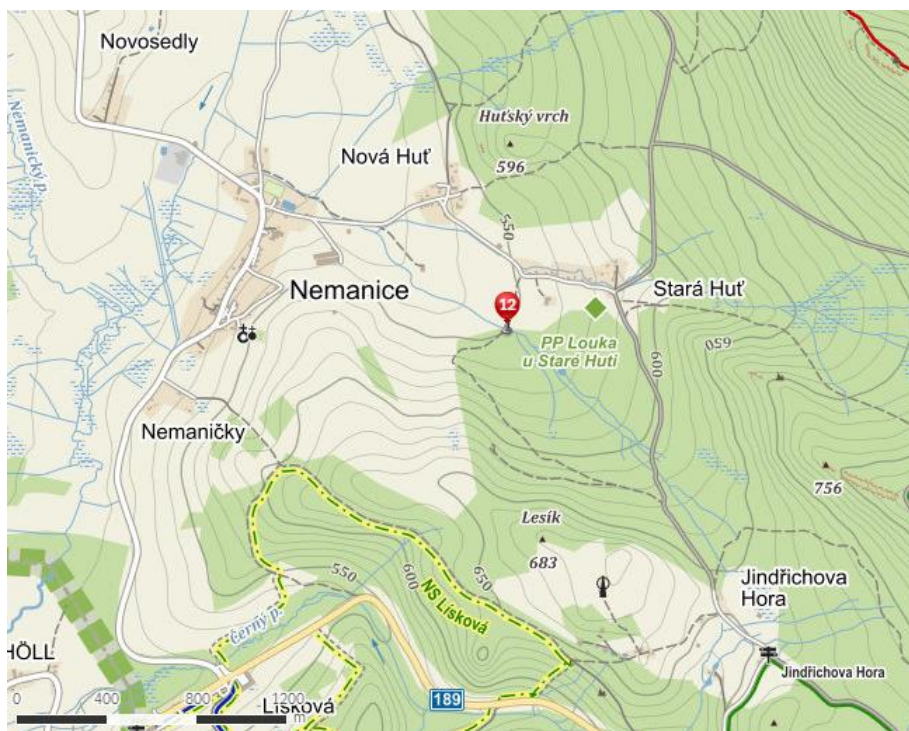
Potok pramení v nadmořské výšce 610 m n. m. Zleva ústí do Novosedelského potoka ve Staré huti. Plocha povodí činí 4,5 km² a tok je dlouhý 2,4 km. Tok protéká přírodním památkou Stará louka. Souřadnice GPS jsou 49°26'2.605" severní šířky a 12°44'12.599" východní délky. Populační hustota na tomto toce je 1.8 j. × m⁻². Zde se vyskytuje pouze rak kamenáč (Vlach a kol., 2009b).

4.13. Medvědí potok

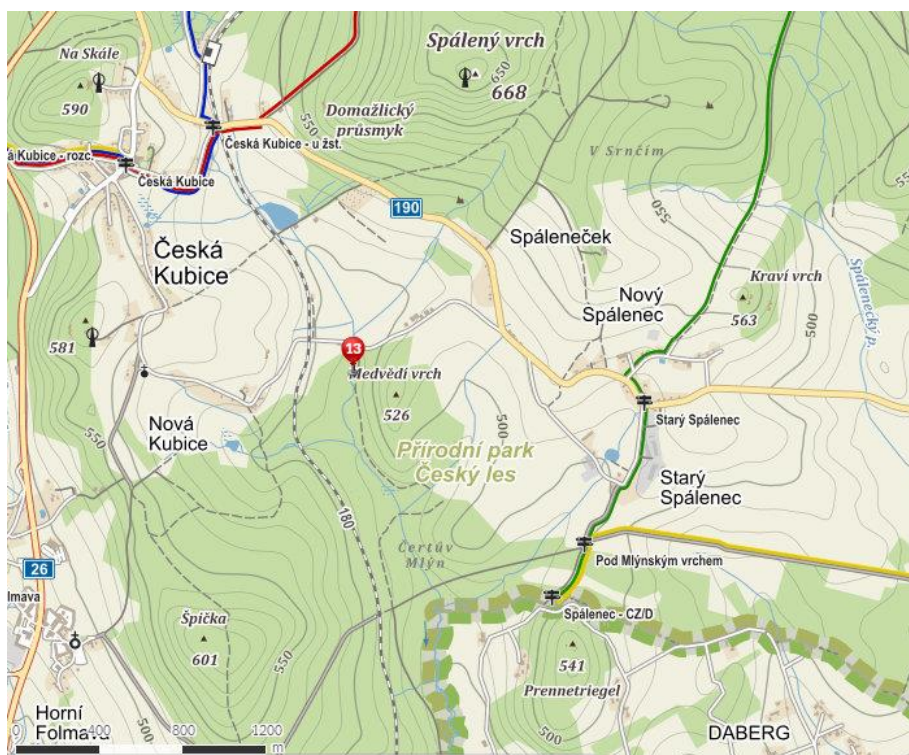
Pramen leží v nadmořské výšce 540 m n. m. v České Kubici. Rozkládá se na ploše 5,3 km² v ČR. Tok je dlouhý 4,96 km. Medvědí potok protéká přírodním parkem Český les. Souřadnice GPS 49°21'39.592" severní šířky a 12°52'28.422" východní délky. Tok je přirozeného charakteru, s kamenitým dnem, bohaté na úkryty. Celý tok je v zástínu lesní vegetace. Populační hustota na Medvědí potoce je 0.86 j. × m⁻², jiný druh raka není znám (Vlach a kol., 2009b).

4.14. Zubřina

Zubřina pramení 1 km jihovýchodně od Pasečnice, v nadmořské výšce 552 m n. m., ústí zprava do Radbuzy u Staňkova. Zubřina protéká přírodním parkem Zelenov. 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. Tok je z části vydlážděn betonovými deskami, místy je zachováno přirozené kamenité dno. Tok je zastíněn příbřežní vegetací. Populační hustota je 0.3 j. × m⁻², na Zubřině je zaznamenán i výskyt raka bahenního (Vlach a kol., 2009b).



Obr 14: Mapa přítoku Novosedleckého potoka s vyznačeným místem odchyту raků



Obr. 15: Mapa Medvědího potoka s vyznačeným místem odchyту raků



Obr. 16: Mapa Zubřiny s vyznačeným místem odchytu raků

5 Výsledky

Přítomnost raka kamenáče byla zjištěna na všech výše 14 uvedených lokalitách. Metodou ručního prohledávání bylo na Medvědí potoce odchyceno 29 raků (14+15), na přítoku Novosedleckého potoka bylo odchyceno 30 jedinců (16+14). Na toku Zubřina a Trojhorském potoce bylo odchyceno 30 jedinců, z toho 14 samic a 16 samců, na Chocenickém potoce bylo odchyceno 30 jedinců (19+11). Na Přešinském potoce bylo odchyceno celkem 29 jedinců (11+18). Na Rakovském potoce bylo odchyceno 31 jedinců (17+14), na toku Chýlava bylo odchyceno též 31 jedinců (15+16). Na Bzovském potoce bylo odchyceno 13 samic a 15 samců, dohromady 28 jedinců, na Lučním potoce v Podkrkonoší bylo odchyceno 29 jedinců (17+12), na Huníkovském potoce bylo odchyceno 30 jedinců (18+12), na Vrbovém potoce bylo odchyceno 22 jedinců (8+14). Na Valdeckém potoce bylo odchyceno 30 jedinců (13+17) a na Lučním potoce v Českém středohoří bylo odchyceno 30 jedinců (14+16). Viz tabulka I.

Tabulka I: Počet jedinců odchycených na uvedených tocích

Potok	Samice	Samci	Celkem jedinců
Medvědí potok	14	15	29
přítok Novosedleckého potoka	16	14	30
Zubřina	14	16	30
Chocenický potok	19	11	30
Přešinský potok	11	18	29
Rakovský potok	17	14	31
Chýlava	15	16	31
Bzovský potok	13	15	28
Luční potok – Podkrkonoší	17	12	29
Huníkovský potok	18	12	30
Vrbový potok	8	14	22
Valdecký potok	13	17	30
Luční potok – České středohoří	16	13	29
Trojhorský potok	14	16	30
Celkem	205	203	408

5.1. Délková struktura populací

Délková struktura byla hodnocena u všech populací u obou pohlaví. Průměrná délka těla u samic byla 57.5 (30 – 94.8, SD = 11.81). U samců byla průměrná délka těla 60.9 (32.4–103.6, SD = 14.12).

Na Lučním potoce v Podkrkonoší byla naměřena průměrná délka těla 65.42 (20.5 – 98.4, SD = 19.9). U samic byla zjištěná průměrná délka těla 61.42 (20.5 – 94.8, SD = 18.68). U samců na této lokalitě byla zjištěna průměrná délka těla 71.42 (44.9 – 98.4, SD=18.1).

Na Huníkovském potoce byla průměrná délka raků 55.65 (33.1 – 73.2, SD = 11.61). U samic byla průměrná délka těla 55.13 (33.1 – 73, SD = 10.61). U samců byly naměřeny tyto hodnoty, průměrná délka těla 56.43 (36.4 – 73.2, SD = 12.93).

Na Vrbovém potoce byla zjištěna průměrná délka těla 59.81 (30.6 – 81.2, SD = 16.22). U samic dosahovala průměrná délka těla 56.44 (30.6 – 77.4, SD = 15.74. Průměrná délka těla u samců byla 61.74 (32.4 – 81.2, SD = 16.65).

Celková průměrná délka těla raků na Valdickém potoce byla 67.01 (40.6 – 84, SD = 9.36). Průměrná délka těla u samic byla 63.56 (40.6 – 74.4, SD = 8.241). U samců byly zjištěny tyto hodnoty průměrná délka těla 69.65(45.5 – 84, SD = 9.44).

Na Lučním potoce v Českém středohoří byla průměrná délka těla 59.13 (34.5 – 84.9, SD = 11.92). Průměrná délka těla u samic byla 56.04 (34.5 – 75.6, SD = 10.056). U samců byla průměrná délka těla 63.16 (41.5 – 84.9, SD = 12.92). Celková průměrná délka na Trojihorském potoce byla 66.72 (38.3 – 93.3, SD = 11.18). Průměrná délka těla u samic dosahovala 60,2 (38.3 – 72.2, SD = 10.32). U samců byla průměrná délka těla 72.42 (59.9 – 93.9, SD = 8.46).

Na Bzovském potoce byla naměřena průměrná délka těla 58.50 (38.4 – 85.3, SD = 8.75). U samic dosahovala průměrná délka těla hodnoty 58.16 (48.3 – 75.2, SD = 7.16) Samci měli průměrnou délku těla 58.81 (38.4 – 85.3, SD = 9.93). Na toce Chýlava byla průměrná délka těla 60.6 (41.2 – 83.3, SD = 10,3). Samice byly průměrné velikosti 57.89 (47.4 – 66.6, SD = 6.15). U samců byla naměřena průměrná délka těla 62.96 (41.2 – 83.3, SD = 12.4). Na Rakovském potoce byla zjištěná průměrná délka těla 57.2 (40.3 – 74.1, SD = 9.9). Průměrná délka těla u samic dosahovala 58.1 (44.7 – 73.3, SD = 10.18). U samců byly zjištěny hodnoty, průměr 56.06 (40.3 – 74.1, SD = 9.41).

Průměrná délka těla raků byla na Přešinském potoce 46.77 (32.2 – 69.7, SD = 8.69). U samic dosahovala průměrná délka těla 47.66 (32.2 – 69.7, SD = 10.93). U samců byla průměrná délka těla 46.26 (32,5 – 54.7, SD = 7.02). Na Chocenickém potoce byla maximální délka těl raků 50.56 (32.1– 77.8, SD = 13.54). Průměrná délka těla samic byla 49.44 (32.1– 77.8, SD = 13.99)

U samců byla průměrná délka těla 52.5 (33.1– 66.8, SD = 11.61). Na přítoku Novosedleckého potoka byla průměrná délka těla 52.88 (33.8 – 72.7, SD = 7.83). U samic byla průměrná délka těla 52.81 (33.8 – 72.7, SD = 9.12). U samců byla naměřena průměrná délka těla 52.95 (40.3 – 66.7, SD = 6.21).

Na Medvědí potoce byla průměrná délka těla 57.76 (43.7 – 70.1, SD = 8.1). U samic byla průměrná délka těla 59.39 (44.4 – 70, SD = 7.25). U samců byla průměrná délka těla 56.14 (43.7 – 70.1, SD = 8.48).

Hodnota průměrné délky těla raků na toku Zubřina byla 68.393 (45.5 – 103.6, SD = 12.78). Průměrná délka těla u samic byla 65.29 (53.3 – 82.6, SD = 8.09). Samci dosahovali v průměru 71.11 (45.5 – 104, SD = 15.27). Detaily viz tab. 2.

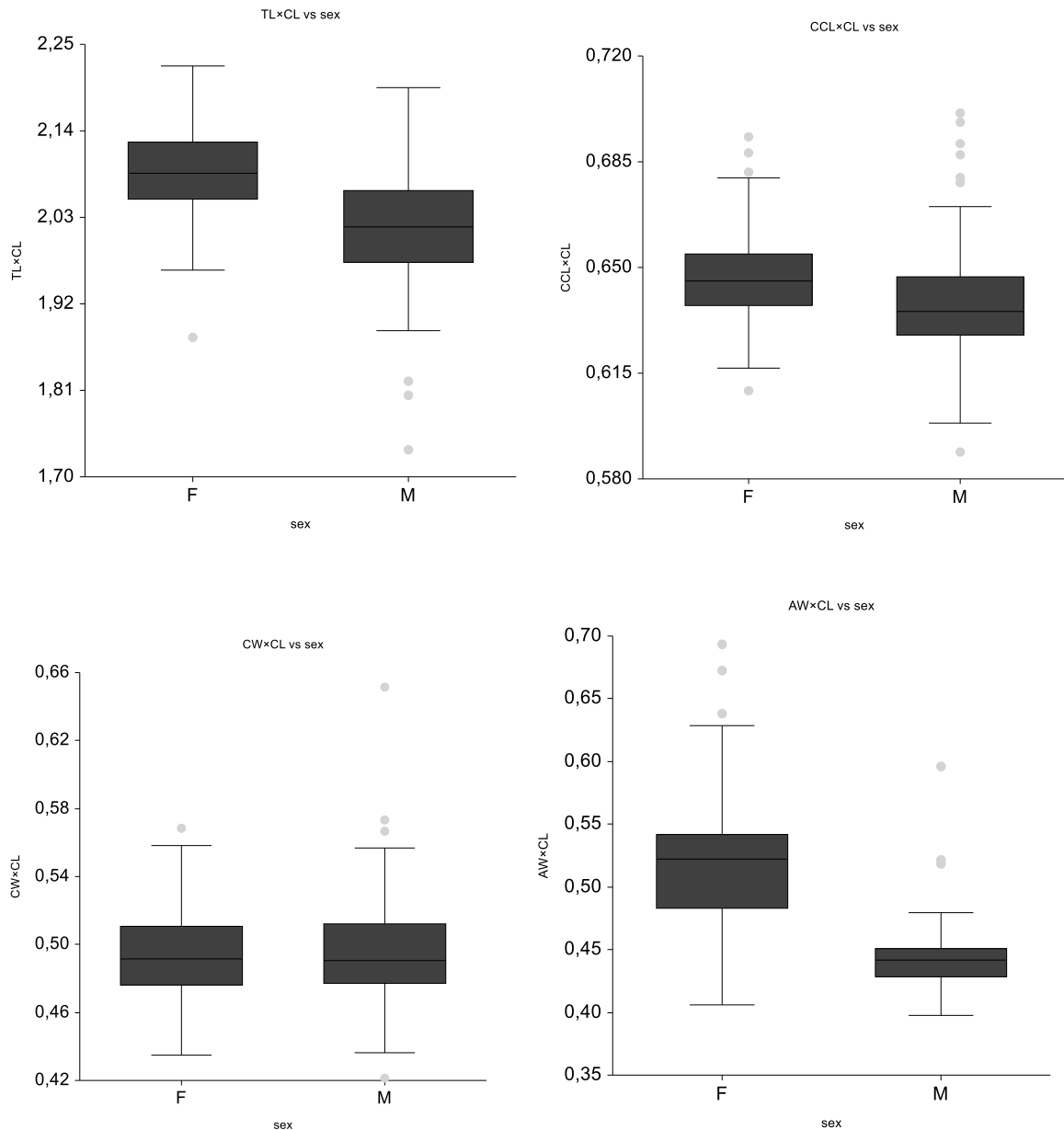
Tabulka 2.: Základní popisné statistiky (průměr, směrodatná odchylka, minimum, maximum) vybraných relativních morfologických znaků raka kamenáče (*Austrapotamobius torrentium*)

	Samice				Samci			
	průměr	SD	min	max	průměr	SD	min	max
Celková délka	2,087	0,054	1,877	2,222	2,012	0,071	1,734	2,195
Délka karapaxu	0,646	0,014	0,609	0,693	0,637	0,018	0,589	0,701
Šířka karapaxu	0,493	0,024	0,435	0,568	0,494	0,026	0,421	0,573
Šířka zadečku	0,516	0,045	0,406	0,693	0,442	0,022	0,397	0,596
Délka klepet	0,654	0,047	0,513	0,837	0,764	0,097	0,504	1,024
Šířka klepet	0,443	0,031	0,341	0,561	0,437	0,027	0,361	0,502
Výška klepet	0,268	0,024	0,198	0,337	0,27	0,023	0,204	0,365

5.2. Sexuální dimorfismus

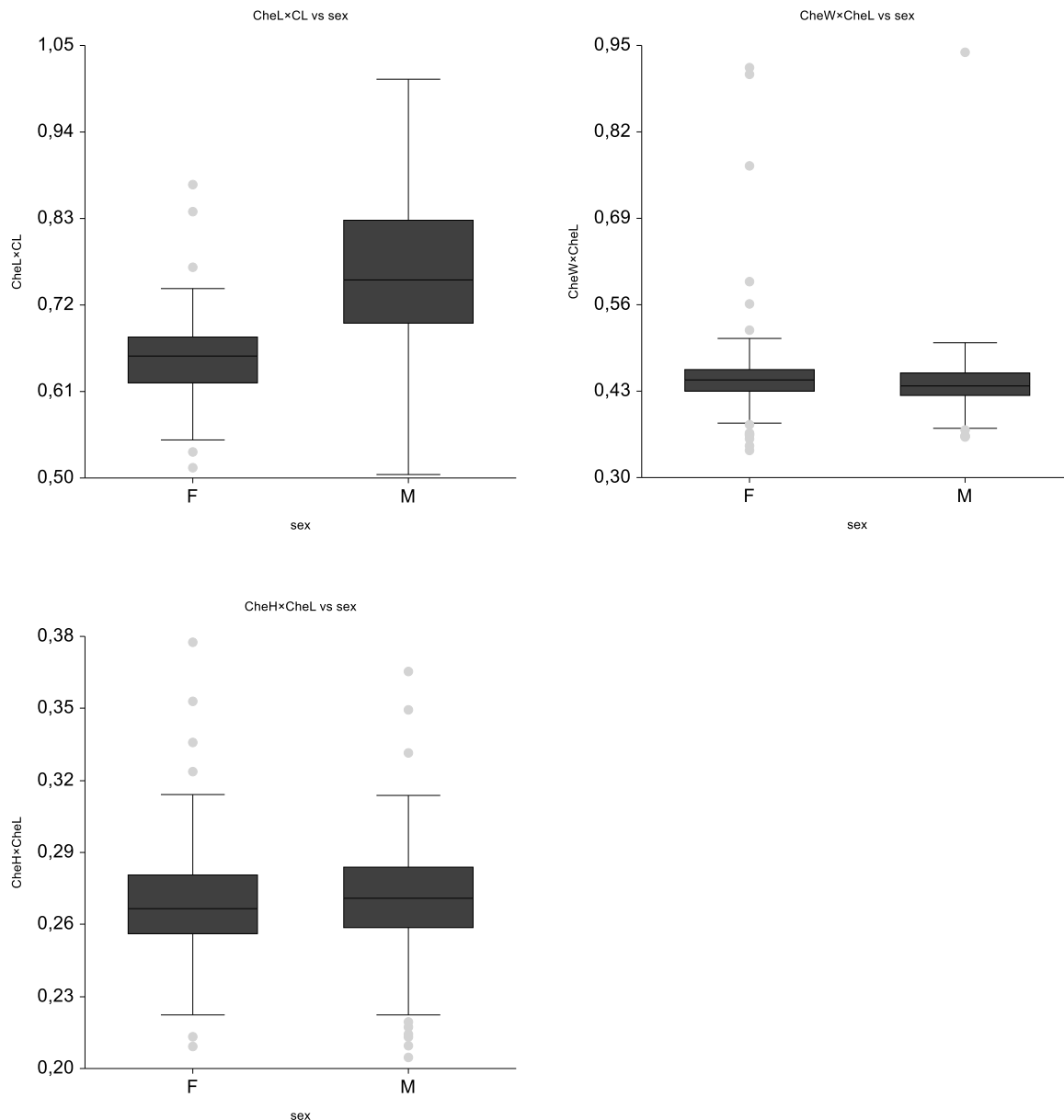
U většiny znaků je rozdíl mezi samci a samicemi. Samci mají relativně delší celkovou délku těla (Kruskal-Wallis ANOVA, $\chi^2 = 111.5572$, $P < 0.001$). Při porovnání relativní délky hlavové části karapaxu bylo zjištěno, že samice mají relativně delší hlavovou část karapaxu

než samci (Kruskal-Wallis ANOVA, $\chi^2 = 35.7807$, $P < 0.001$). Šířka karapaxu u samců a samic nelišila (Kruskal-Wallis ANOVA, $\chi^2 = 0.001805$, $P = 0.966$). Byl zjištěn výrazný sexuální dimorfismus v relativní šířce zadečku, samice měly výrazně širší zadeček než samci (Kruskal-Wallis ANOVA, $\chi^2 = 218.501$, $P < 0.001$).



Obr. 17: Box ploty popisující pohlavní dimorfismus raka kamenáče v ČR (1. délka těla ku délce karapaxu (TL/CL, v %), 2. délka hlavové části karapaxu ku délce karapaxu (CCL/CL, v %), 3. šířka karapaxu ku délce karapaxu (CW/CL, v %), 4. šířka zadečku ku délce karapaxu (AW/CL, v %)).

Při porovnání relativní délky klepet bylo zjištěno, že samci měli relativně delší klepeta než samice (Kruskal-Wallis ANOVA, $\chi^2 = 148.330$, $P < 0.001$). U samic byla relativní šířka klepet větší než u samců (Kruskal-Wallis ANOVA, $\chi^2 = 8.132$, $P = 0.0044$). U výšky klepet nebyly zaznamenány rozdíly mezi pohlavími (Kruskal-Wallis ANOVA, $\chi^2 = 2.195$, $P = 0.138$).

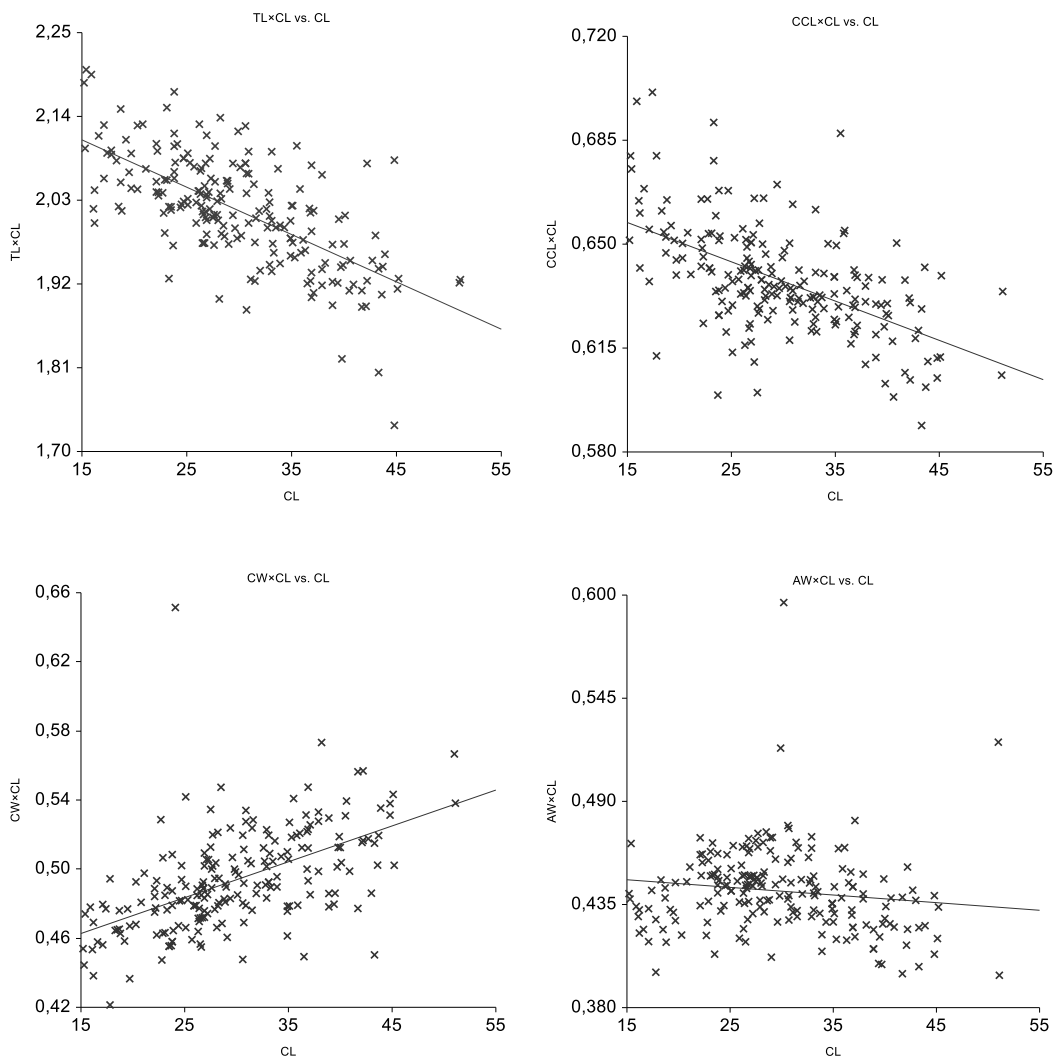


Obr. 18: Box ploty popisující pohlavní dimorfismus raka kamenáče v ČR. (1. délka klepeta ku délce karapaxu (poměr CheL/CL, v %, 2. šířka klepeta ku délce klepeta (poměr CheW/CL, v %), 3. výška klepeta ku délce klepeta (poměr CheH/CheL, v %).

5.3. Alometrie

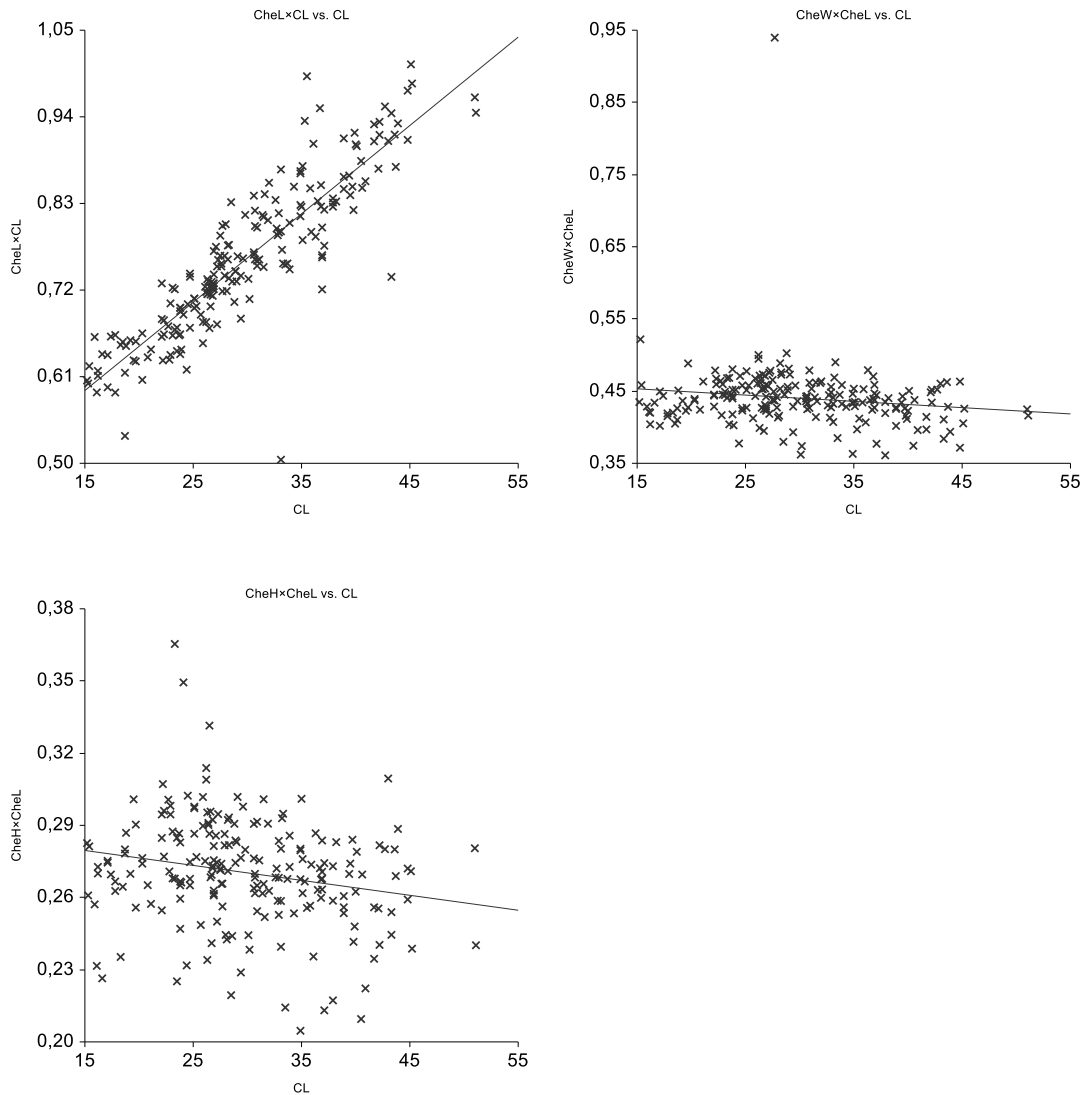
5.3.1. Alometrie u samců

U většiny pozorovaných znaků byl zjištěn alometrický růst. U samců byla zjištěna negativní alometrie délky těla ($TL = 2.2016 - 0.0062 \times CL$, $R^2 = 0.4398$, $t = -12.6247$, $P < 0.001$), negativní alometrie hlavové části karapaxu $CCL = 0.6771 - 0.0013 \times CL$ ($R^2 = 0.3103$, $t = -9.5577$, $P < 0.001$), pozitivní alometrie šířky karapaxu ($CW = 0.4320 + 0.0021 \times CL$, $R^2 = 0.3006$, $t = 9.3399$, $P < 0.001$). Zadeček u samců rostl izometricky $AW = (0.4541 - 0.0004) \times CL$, $R^2 = 0,0190$, $t = 0.0508$, $P = 0,0508$.



Obr. 19: Vztahy mezi relativními měřeními a délkou karapaxu u samců (1. délka těla ku délce karapaxu ($TL/CL \times CL$), 2. délka hlavové části karapaxu ku délce karapaxu ($CCL/CL \times CL$), 3. šířka karapaxu ku délce karapaxu ($CW/CL \times CL$), 4. šířka zadečku ku délce karapaxu ($AW/CL \times CL$)).

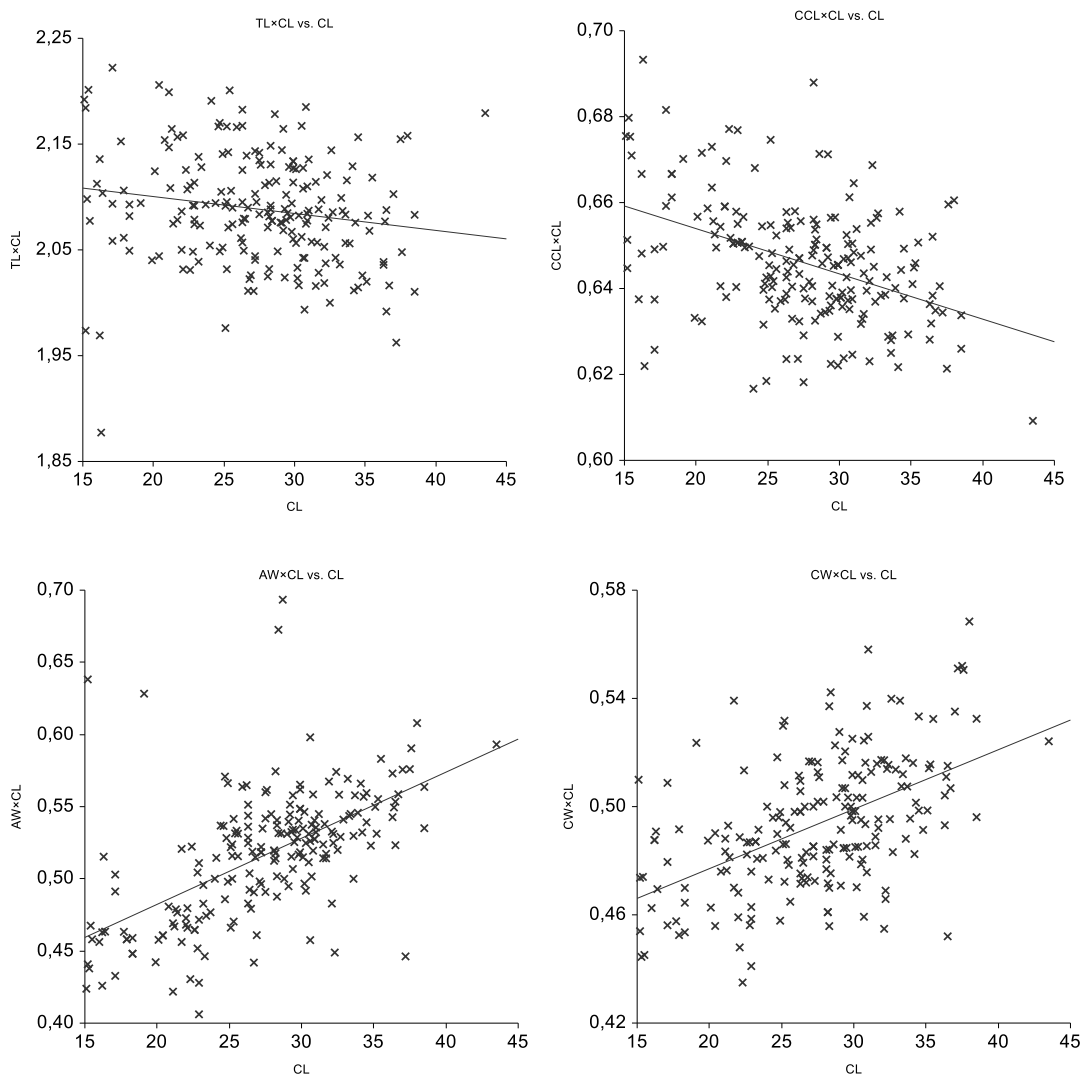
Řada alometrií byla také popsána na morfologii klepet, např. výrazný pozitivní alometrický růst délky klepet $CheL = 0.4245 + 0.0112 \times CL$, $R^2 = 0.7804$, $t = 26.7908$, $P < 0.001$), negativní alometrie výšky klepeta $CheH = 0.2889 - 0.0006 \times CL$, $R^2 = 0.0437$, $t = -3.0374$, $P < 0.001$) a šířky klepeta: $CheW = 0.4656 - 0.0009 \times CL$, $R^2 = 0.0216$, $t = -2.1101$, $P < 0.001$.



Obr. 20: Vztahy mezi relativními měřeními a délkou karapaxu u samců (1. délka klepeta ku délce karapaxu ($CheL/CL \times CL$), 2. šířka klepeta ku délce karapaxu ($CheW/CheL \times C$), 3. výška klepeta ku délce karapaxu ($CheH/CheL \times CL$)).

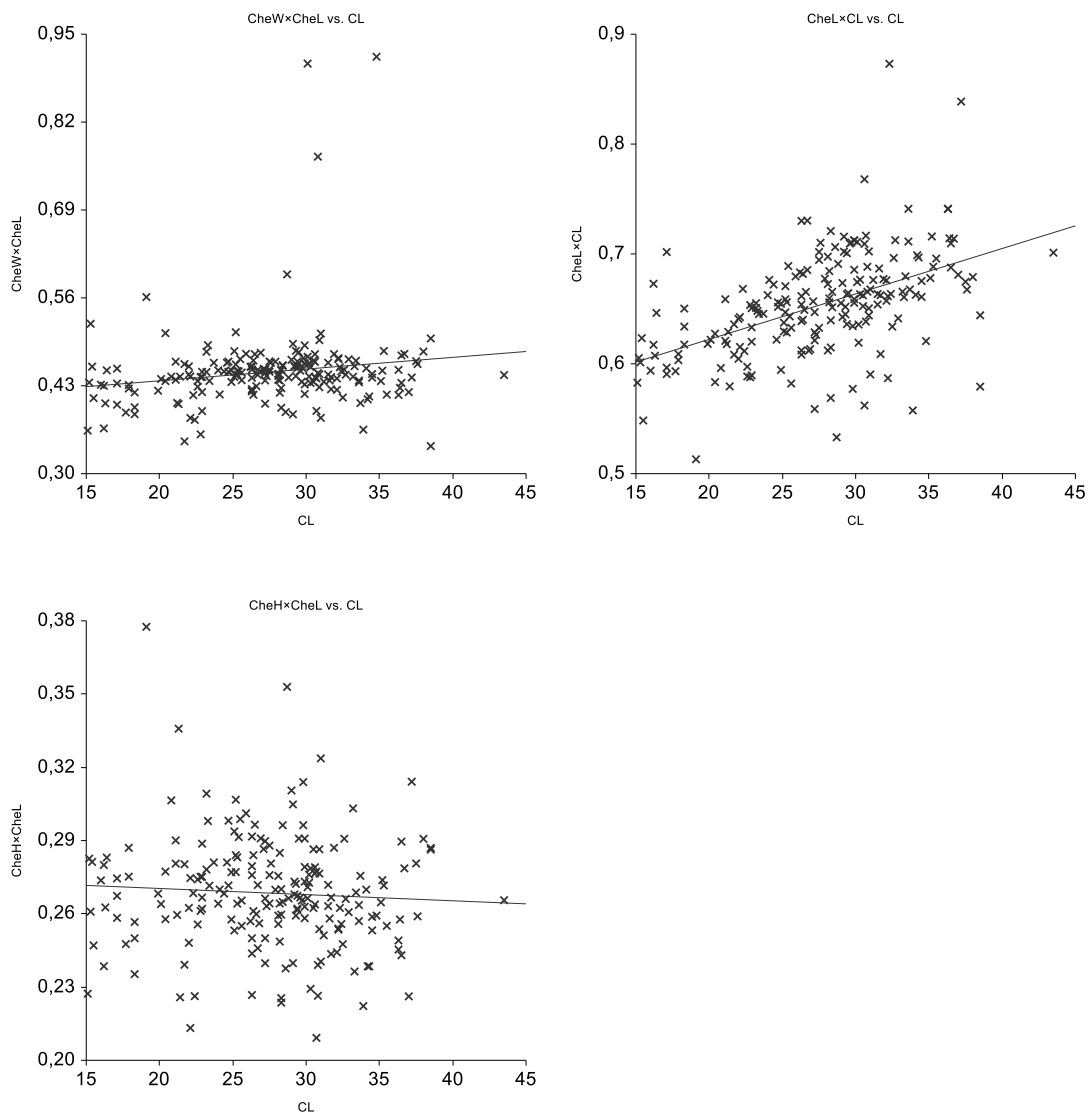
5.3.2. Alometrie u samic

Tělo samic rostlo negativně alometricky, podobně jako u samců ($TL = 2.1317 - 0.0016 \times CL$, $R^2 = 0.0284$, $t = -2.4133$, $P = 0.0167$). Byla zjištěna také negativní alometrie délky hlavové části karapaxu, stejně jako samců, $CCL = 0.6751 - 0.0011 \times CL$, $R^2 = 0.1790$, $t = -6.6041$, $P < 0.001$. Růst šířky karapaxu byl pozitivně alometrický, stejně jako u samců ($CW = 0.4331 + 0.0022 \times CL$, $R^2 = 0.2607$, $t = 8.3983$, $P < 0.001$), stejně tak u šířky zadečku, na rozdíl u samců, kde byl růst izometrický ($AW = 0.3903 + 0.0046 \times CL$, $R^2 = 0.3343$, $t = 10.0209$, $P < 0.001$).



Obr. 21: Vztahy mezi relativními měřeními a délkou karapaxu u samic (1. délka těla ku délce karapaxu ($TL/CL \times CL$), 2. délka hlavové části karapaxu ku délce karapaxu ($CCL/CL \times CL$), 3. šířka karapaxu ku délce karapaxu ($CW/CL \times CL$), 4. šířka zadečku ku délce karapaxu ($AW/CL \times CL$)).

Řada alometrií byla také popsána na morfologii klepet, pozitivní alometrie u délky klepet, stejně jako u samců, $CheL = 0.5401 + 0.0041 \times CL$, $R^2 = 0.2380$, $t = 7.8635$, $P < 0.001$, pozitivní alometrie u šířky klepet, na rozdíl od samců, kde byla negativní alometrie $CheW = 0.4031 + 0.0017 \times CL$, $R^2 = 0.0257$, $t = 2.2846$, $P = 0.0234$. U výšky klepet, byl na rozdíl od samců, prokázán izometrický růst, $CheH = 0.2756 - 0.0003 \times CL$, $R^2 = 0.0040$, $t = -0.8930$, $P = 0.3730$.



Obr. 22: Vztahy mezi relativními měřeními a délkou karapaxu u samic (1. délka klepeta ku délce karapaxu ($CheL/CL \times CL$), 2. šířka klepeta ku délce karapaxu ($CheW/CheL \times C$), 3. výška klepeta ku délce karapaxu ($CheH/CheL \times CL$)).

5.4. Morfologické rozdíly mezi skupinami populací s odlišným původem

V první fázi tohoto hodnocení proběhla standardizace morfologických dat pro jednotlivé populace. Byly odhadnuty regresivní křivky pro každý jednotlivý znak a populaci. Z těchto křivek (a rovnic) byly vypočteny hodnoty daného morfologického znaku pro raky s délkové skupiny od 30 do 90 mm po 10 mm. Následně byla vypočtena průměrná hodnota pro každý znak a populaci (tj. průměr hodnot daného znaku pro jednotlivé délkové skupiny). Tyto údaje jsou pro samice patrné z tabulky č. 3a pro samce z tabulky č. 4.

Tab. 3: Standardizované velikosti morfologických znaků pro samice z jednotlivých populací

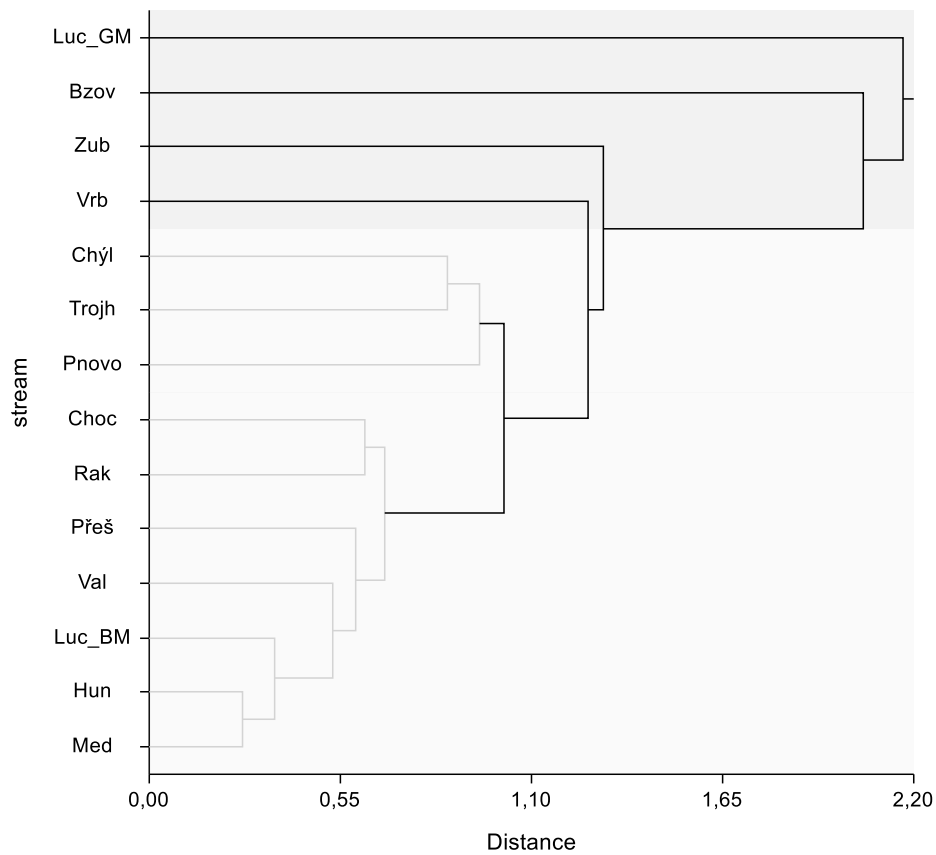
	$TL \times CL$	$CCL \times CL$	$CW \times CL$	$AW \times CL$	$Chel \times C$ L	$ChelW \times Chel$	$ChelH \times Chel$
Med	2,0701	0,642	0,5006	0,5212	0,6852	0,4487	0,2646
Pnovo	2,0533	0,6629	0,4803	0,5228	0,6501	0,4338	0,2457
Zub	2,1142	0,6408	0,5047	0,5624	0,6838	0,4541	0,2653
Hun	2,0779	0,6424	0,503	0,5209	0,6642	0,4732	0,2626
Luc_BM	2,0892	0,6397	0,4997	0,5271	0,6653	0,4522	0,271
Luc_GM	2,0724	0,71	0,5252	0,5615	0,6417	0,4853	0,3066
Vald	2,0636	0,6439	0,4914	0,5088	0,6525	0,4642	0,2682
Vrb	2,0159	0,641	0,5066	0,5306	0,6458	0,4194	0,2738
Troj	2,0939	0,6968	0,4816	0,5108	0,6729	0,4467	0,2663
Bzo	2,1065	0,6454	0,4944	0,5258	0,4455	0,2793	0,2793
Chýl	2,1057	0,6556	0,4728	0,5057	0,6456	0,4321	0,2552
Rak	2,1185	0,6468	0,4965	0,5196	0,6482	0,4398	0,2759
Pře	2,0753	0,6466	0,4899	0,5215	0,6175	0,4274	0,2586
Choc	2,1082	0,6452	0,4958	0,5168	0,6589	0,4761	0,2558

Tab. 4: Standardizované velikosti morfologických znaků pro samce z jednotlivých populací

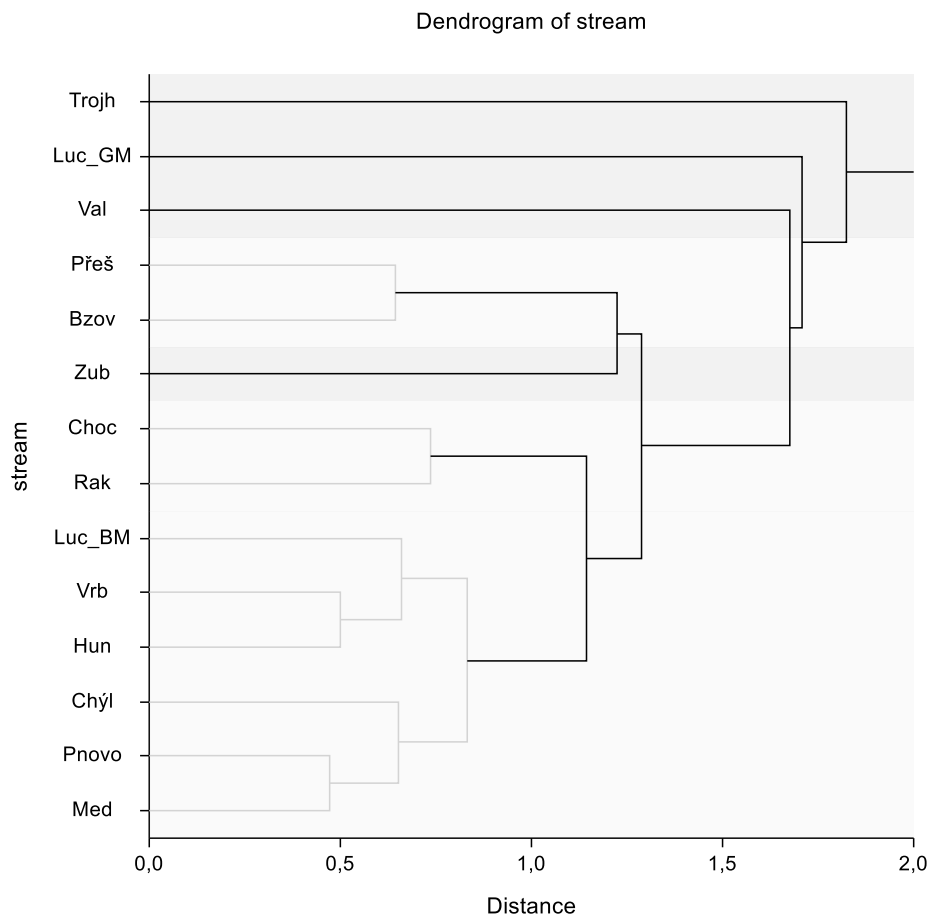
	$TL \times CL$	$CCL \times CL$	$CW \times C$ L	$AW \times C$ L	$Chel \times CL$	$ChelW \times Chel$	$ChelH \times Chel$
Med	2,026456	0,637949	0,489866	0,443819	0,724239	0,455334	0,274269
Pnovo	2,030273	0,640905	0,478647	0,435792	0,700015	0,446842	0,278155
Zub	2,024628	0,628057	0,514638	0,459779	0,839331	0,441337	0,268566
Hun	2,027505	0,637823	0,49872	0,43053	0,750458	0,426365	0,269479
Luc_BM	1,977146	0,629445	0,500234	0,441742	0,805387	0,444171	0,272847
Luc_GM	1,986511	0,634645	0,548621	0,448756	0,808528	0,4398	0,284685
Val	1,978173	0,63093	0,508198	0,430716	0,779037	0,458725	0,259153

Vrb	1,973925	0,637986	0,502857	0,43439	0,797854	0,425877	0,262241
Trojh	1,985388	0,63794	0,506014	0,446	0,854536	0,416922	0,26221
Bzov	2,039218	0,63014	0,478805	0,450008	0,75535	0,454987	0,284903
Chýl	1,985896	0,639945	0,480972	0,434464	0,770387	0,437061	0,267208
Rak	2,049786	0,639623	0,488719	0,445766	0,71473	0,440813	0,276095
Přeš	2,052816	0,64891	0,465125	0,443515	0,681654	0,439029	0,272084
Choc	2,071363	0,642065	0,474772	0,447261	0,717543	0,422471	0,255376

Dendrogram of stream



Obr. 23: Dendrogram pro samice znázorňující morfologické rozdíly mezi skupinami populací s odlišným původem



Obr. 24: Dendrogram pro samce znázorňující morfologické rozdíly mezi skupinami populací s odlišným původem

Samice z Lučního potoka v Podkrkonoší, Bzovského, Zubřiny a Vrbového potoka jsou morfologicky nejvíce odlišné od ostatních. Tyto toky patří do povodí Labe i povodí Dunaje. Samice z Lučního potoka v Podkrkonoší se liší od ostatních nejvíce.

Samci jsou nejvíce odlišní na lokalitách v Trojhorském potoce, na Lučním potoce v Podkrkonoší a na lokalitě na Valdickém potoce. Naopak nejmenší rozdíly jsou mezi přítokem Novosedleckého potoka a Medvědí potokem.

6 Diskuze

V rámci této studie byl prováděn výzkum raka kamenáče (*Autropotamobius torrentium*) na 14 lokalitách v letech 2013 - 2015, na území České republiky na území západních, středních a severních Čech. U každého jedince bylo změřeno 8 plastických znaků, které byly dále analyzovány. Celkem bylo odchyceno 408 jedinců, 205 samic a 203 samců.

Byla zkoumána délková struktura populací. Největší samec dosahoval délky 103,6 mm a samice měřila 94,8 mm. Maximální délka samců překročila doposud uváděné hodnoty (Streissl a Hödl, 2002; Štambergová a kol., 2009b; Vlach a kol., 2009b). Maximální hodnoty u samců byly naměřeny na Lučním potoce v Podkrkonoší, stejně jako v minulosti (Vlach a kol., 2009a; Vlach a Valdmanová, 2015). Tato větší velikost vychází z faktu, že populace pochází z jiné genetické linie z Balkánského poloostrova, odkud byla v Rudníku vysazena (Pešek, 2013).

Byly zjištěny velké morfologické rozdíly mezi pohlavími. Samci byli větší než samice - tento sexuální dimorfismus byl taktéž pozorován již několikrát (Streissl a Hödl, 2002; Vlach a Fischer, 2009a; Valdmanová, 2013). Tyto změny souvisí se sociálním chováním samců raků; větší samci jsou s větší délkou těla úspěšnější v období reprodukčního období v boji o samice (Streissl a Hödl, 2002).

Dalším typickým sexuálním dimorfismem u raka kamenáče je velikost a tvar karapaxu. Při porovnání relativní délky hlavové části karapaxu bylo zjištěno, že samice mají relativně delší hlavovou část karapaxu než samci a také že samci mají relativně delší karapax než samice. Tyto změny týkající se růstu karapaxu souvisí s etologickými, ekologickými i fyziologickými faktory. Karapax mladých jedinců bývá užší, jelikož s užším karapaxem lépe odolávají proudu vody a pro tyto jedince je jednodušší najít úkryty mezi kamením (Vlach a kol., 2009b; Scalici a kol., 2010). Nebyl zaznamenán rozdíl u šířky karapaxu mezi samicemi a samci, kterou popisuje Streissl a Hödl (2002) nebo Pârvulescu (2010). Se vztahem mezi šířkou karapaxu souvisí prostředí, ve kterém se raci vyskytují. Haddaway (2012) tvrdí, že šířka karapaxu souvisí se stanovištěm, ve kterém raci jsou, tzv. nižší obsah kyslíku ve vodě ovlivňuje rozšíření žaber u raků (zvětšení plochy žaber), a proto se rozšiřuje karapax.

Dalším znakem sexuálního dimorfismu bylo porovnání šířky zadečku u samic a samců. Bylo zjištěno, že u samců je růst izometrický, ale u samic byl zjištěn alometrický růst. Samice mají výrazně širší zadeček než samci, což souvisí s uchováním vajíček a s pohlavní dospělostí

samic. Větší samice mají více vajíček a jsou větší, tudíž pro jejich ochranu je nutná určitá šířka zadečku (Maguire a kol., 2011). Posledním sledovaným znakem bylo porovnání klepet u samců a samic. Právě rozměry klepet, bývají často považovány za jeden z nejdůležitějších rysů sexuálního dimorfismu u raků (Streissl a Hödl, 2002; Štambergová a kol., 2009b; Scalici a kol., 2010).

Při porovnání délky klepet bylo zjištěno, že samci mají relativně delší klepeta než samice, na tento fakt poukazuje dříve autorů (Streissl a Hödl, 2002; Pârvulescu, 2010). Někteří autoři tvrdí, že délka klepet je výrazná u raků až po dosažení dospělosti, což u raka kamenáče uvádí i Streissl a Hödl (2002). V rámci této práce byly zjištěny také rozdíly mezi pohlavími v délce klepet. Šířka klepet je větší u samic než samců, rozdíly mezi výškou klepet nebyl mezi pohlavími prokázán.

Další fází této práce bylo zjistit alometrický či izometrický růst. U řady pozorovaných znaků byl zjištěn alometrický růst. Růst délky těla u samic byl izometrický, zatímco u samců byl růst délky těla silně negativně alometrický. Tuto skutečnost popsali již dříve jiní autoři (Streissl a Hödl, 2002; Pârvulescu, 2010).

U samců i samic byla zjištěna negativní alometrie u délky těla a délky hlavové části. Šířka karapaxu roste pozitivně alometricky, zatímco šířka zadečku u samců rostla izometricky, u samic byl zjištěn růst alometrický (viz výše).

Výrazná alometrie byla prokázána u morfologie klepet. Byl prokázán negativní alometrický růst u šířky klepet u samců, na rozdíl od samic, kde růst byl pozitivně alometrický. Dále byly nalezeny rozdíly mezi pohlavími u výšky klepet, kde byl alometrický růst u samců, kdežto u samic byl prokázán růst izometrický. Mnoho autorů uvádí, že výrazné rozdíly jsou u klepet prokázány až ve stadiu dospělosti (Grandjean F. a kol., 1997; Grandjean a Souty-Grosset, 2000; Streissl a Hödl, 2002; Pârvulescu a kol., 2009; Pârvulescu, 2010)

Poslední fází této práce, bylo zjistit morfologické rozdíly mezi skupinami populací s odlišným původem. Samice z Lučního potoka v Podkrkonoší se morfologicky nejvíce liší od ostatních toků. U samců byla největší odlišnost na lokalitě z Trojhorského potoka, velkou odlišnost lze sledovat i u populací na Lučním potoce v Podkrkonoší.

V této diplomové práci bylo pozorováno několik plastických znaků, které ukázaly širokou variabilitu v rámci sledovaných populací. Např. nejvyšší variabilita byla zaznamenána v morfologii klepet. Klepeta jsou nejvíce ovlivněna selekčními tlaky prostředí mezi samci, v boji v reprodukčním období, v boji o potravu či úkryt (Snedden, 1990). Tento boj může vést ke ztrátě klepeta (Figiel a Miller, 1995) a po ztrátě dochází k vývoji regenerovaného odlišného klepeta. Tato variabilita je typ evoluční strategie založená na vnějších projevech genotypu (tj. fenotypu). To znamená, že jedinci mění svou morfologii těla či chování. Mezi parametry, které nejvíce ovlivňují morfologickou variabilitu, patří: genetická rozdílnost (Lutz a Wolters, 1989; Jones a kol., 2000) ovlivněné fylogeografií nebo lidským přemísťováním (Grandjean a Souty–Grosset, 2000), tzn. morfologie populací stejného původu (podobného) genotypu (Ghia a kol., 2006) se mění v rámci různých selekčních tlaků, které jsou způsobené rozdílnými lokalitami, jež obývají různé populace.

Fylogeografie hraje důležitou roli v morfologické variabilitě. Zatímco někteří autoři (Haddaway a kol., 2012) uvádí nízkou variabilitu morfologie u raka bělonohého (*Austropotamobius pallipes*), vysoké morfologické rozdíly jsou u dlouhodobých geograficky izolovaných populací u raka bělonohého v Itálii (Endrizzi a kol., 2013) nebo pro raka kamenáče v Rumunsku (Pârvulescu, 2010). Autoři zjistili, že dlouhodobá geografická izolace může vést ke změně genotypu.

V České republice, bereme v úvahu pravděpodobně 3 různé genetické linie původu raka kamenáče na lokalitách. Většina lokalit se vyskytuje v povodí Labe a jsou v dlouhodobé izolaci od toků, jež patří do povodí Dunaje. Zvláštní roli, hraje již zmíněná populace raka kamenáče na Lučním potoce v Podkrkonoší, jež byla pravděpodobně rozšířena z Balkánského poloostrova (Pešek, 2013).

V diplomové práci byla zjištěna následující fakta týkající se morfologické rozdílnosti populací. Populace nacházející se na Lučním potoce v Podkrkonoší se nejvíce liší od ostatních sledovaných populací. Lze předpokládat, že jde o jinou genetickou linii rozšířenou z Balkánského poloostrova. Ostatní populace jsou si morfologicky podobné, ačkoliv se jedná o lokality z povodí Labe či povodí Dunaje. Tato podobnost může mít dva důvody. Raci z lokality na Lučním potoce v Podkrkonoší, nejsou dlouho geneticky izolovanou lokalitou, neboť raci v lokalitách z povodí Labe, vznikly pravděpodobně z populací na povodí Dunaje (Pešek, 2013). Druhá teorie stojí na předpokladu, že populace na Lučním potoce v Podkrkonoší, je dlouhodobě izolovaná, ale vliv prostředí je silnější než různý genotyp. Proto

rozdíly mezi populacemi raků z povodí Labe a povodí Dunaje je menší, než rozdíly mezi populacemi raků z různých toků s různými selekčními vlivy.

7 Závěr

V rámci diplomové práce byl prováděn výzkum raka kamenáče (*Autropotamobius torrentium*) na 14 lokalitách v období od května do října 2013 - 2015, na území České republiky na území západních, středních a severních Čech. Sběr raků byl proveden metodou ručního prohledávání. Na každé lokalitě bylo odchyceno 30 - 36 jedinců. U každého jedince bylo změřeno 8 plastických znaků, které byly dále analyzovány. Celkem bylo odchyceno 408 jedinců, 205 samic a 203 samců. U nichž bylo určeno pohlaví a zaznamenaná délka těla, délka karapaxu, délka hlavové části karapaxu, šířka zadečku. U klepet se měřila délka, výška a šířka.

Nejdelší jedinci byli nalezeni na Lučním potoce v Podkrkonoší. Největší samec dosahoval délky 103,6 mm a samice měřila 94,8 mm.

Některé zjištěné výsledky týkající se morfologie raka kamenáče se shodují s již publikovatelnými poznatky, přesto byly zjištěny nové informace: 1. relativní šířka karapaxu a délka klepet vykazuje sexuální dimorfismus již v juvenilním stadiu; 2. dále nebyly zjištěny žádné rozdíly v relativní šířce karapaxu mezi pohlavími; 3. byla zjištěna pozitivní alometrie v relativní šířce zadečku u samic; a 4. pozitivní alometrie šířky a výšky klepet (v souvislosti k jejich délce) byla prokázána u samic (pomalejší růst délky klepet u samic než u samců).

Při zjišťování morfologických rozdílů mezi skupinami populací s odlišným původem, bylo zjištěno, že populace na Lučním potoce v Podkrkonoší je nejvíce odlišná. Tato skutečnost byla očekávána. U samic byla zjištěná výrazná odlišnost od ostatních toků, u samců tato odlišnost není tak signifikantní jako u samic. Více než Luční potok v Podkrkonoší se liší potok Trojhorský, avšak není to tak výrazné. Nejmenší rozdíly jsou mezi populacemi na Medvědí potoce a přítoku Novosedleckého potoka. Mezi populacemi z Labe a Dunaje nejsou velké morfologické rozdíly.

8 Resumé

Výzkum probíhal v letech 2013 – 2015 na čtrnácti lokalitách na území západních, středních a severních Čech. Odchyt byl proveden metodou ručního prohledávání, na úseku nejméně 100 m. Na každé lokalitě bylo odchyceno 30 - 36 jedinců. Celkem bylo odchyceno a analyzováno 408 jedinců, 205 samic a 203 samců. U každého jedince bylo změřeno 8 plastických znaků, které byly dále analyzovány. Cílem práce bylo zjistit rozdíly na základě morfologických parametrů mezi jednotlivými populacemi na území České republiky a na základě morfologie zjistit potenciální morfologické rozdíly mezi populacemi s odlišným původem. Všechny změřené hodnoty byly následně vyhodnoceny pomocí statistického balíku NCSS.

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

The research was conducted in the years 2013 - 2015 at eight territories in the western, central and northern Bohemia. The capture was made by manual scan, the long stretches of 100 m. At each location 30-36 individuals were captured. Totaly 408 crayfish, 205 females and 203 males were captured and analyzed. For each individual animal 8 of plastic signs, which were subsequently analyzed. The aim was to determine the differences based on morphological parameters among populations in the Czech Republic and on the basis of morphology identify potential morphological differences between populations with different ancestry. All measured values were evaluated using the statistical package NCSS.

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

9 Literatura

- Dušek, J., Ďuriš, Z., Fischer, D., Petrusek, A., Štambergová, M. a Vlach, P. 2006. Metodika monitoringu raka kamenáče. Praha: Manuscript, depon. in AOPK Praha.
- Endrizzi, S., Bruno, M.C. a Maiolini, B. 2013. Distribution and morphometry of native and alien crayfish in Trentino (Italy). – *Journal of Limnology* **72**: 343-360.
- Figiel, J.C. a Miller, G.L. 1995. The frequency of chela autonomy and its influence on the growth and survival of the crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda, Cambaridae). – *Crustaceana* **68**: 472-483.
- Ghia, D., Nardi, P.A., Negri, A., Bernini, F., Bonardi, A., Fea, G. a Spairani, M. 2006. Syntopy of *A. pallipes* and *A. italicus*: genetic and morphometrical investigations. In: Gherardi, F. and Souty-Grosset, C. (eds.). European crayfish as heritage species - linking research and management strategies to conservation and socio-economic development. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* **380-381**: 1001-1018.
- Grandjean, F., Bouchon, D. a Souty-Grosset, C. 2002. Systematics 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.
- Grandjean, F. a Souty-Grosset, C. 2000. Genetic and morphological variation in the endangered crayfish species, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) (Crustacea, Astacidae) from the Poitou-Charentes region (France). – *Aquatic Science* **62**: 1-19.
- Grandjean F., Romain, D., Avila-Zarza, C., Bramard, M., Souty-Grosset, C. a Mocquard, P. 1997. Morphometry, Sexual Dimorphism and Size at Maturity of the White-Clawed Crayfish *Austropotamobius pallipes pallipes* (Lereboullet) from a Wild French Population at Deux-Sèvres (Decapoda, Astacidea). – *Crustaceana* **70**: 31-44.
- Haddaway, N.R., Mortimer, R.J.G., Christmas, M., Grahame, J.W. a Dunn, A.M. 2012. Morphological diversity and phenotypic plasticity in the threatened British white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*). – *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **22**: 220-231.

- Harlioglu, M.M. a Grüner, U. 2007. A new record of recent of recently discovered crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 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.
- Jones, C.M., McPhee, P. a Ruscoe, I.M. 2000. A review of genetic improvement in growth rate in redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda: Parastacidae). – *Aquaculture Research* **31**: 61-67.
- Klingenberg, C.P. 1998. Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. – *Biological Reviews* **73**: 79-123.
- Klobučar, G.I.V., Podnar, M., Jelić, M., Franjević, D., Faller, M., Štambuk, A., Gottstein, S., Simić, V. a Maguire, I. 2013. Role of the Dinaric Karst (western Balkans) in shaping the phylogeographic structure of the threatened crayfish *Austropotamobius torrentium*. – *Freshwater Biology* **58** (6): 1089-1105.
- Kouba, B., Petrusek, A. a Kozák, P. 2014. Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* (05): 413.
- 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*, 418s. Vodňany.
- Kozák, P., Ďuriš, Z. a Polícar, T. 2002. The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in the Czech Republic. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* **367**: 707-713.
- Lutz, C.G. a Wolters, R.W. 1989. Estimation of heritabilities for growth, body size, and processing traits in red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard). – *Aquaculture* **78**: 21-33.
- Maguiere, I., Klobučar, G.I.V. a 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.

- Maguire, 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 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. 2010. Comparative biometric study of crayfish populations in the Anina Mountains (SW Romania) hydrographic basins. – *Studia Universitatis Babeş - Bolyai, Biologia* **1**: 3-15.
- Pârvulescu, L., Petrescu, A. a Petrescu, I. 2009. Abnormal colors and shapes of the body and the appendages of *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) in Romania. – *Crayfish News* **31**: 6-8.
- Pešek, P. 2013. Genetická diverzita raka kamenáče v okrajových částech areálu. – *Diplomová práce*. – Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha.
- Scalici, M., Giulio, A. a Libertini, G. 2010. Biological and morphological aspects of *Branchiodella italica* (Annelida: Clitellata) in a native crayfish population of central Italy. – *Italian Journal of Zoology* **77**(4): 410-418.
- Snedden, W.A. 1990. Determinants of male mating success in the temperate crayfish *Orconectes rusticus* chela size and sperm competition. – *Behaviour* **115**: 47-54.
- Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noël, P.Y., Reynolds, J.D. a Haffner, P. 2006. Atlas of Crayfish in Europe. p. 187. Paris: Patrimoines Naturels 64. Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Stloukal, E. a Havránková, M. 2005. Distribution of *Austropotamobius torrentium* (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., Píček, 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*, 255s. Praha.
- Valdmanová, L. 2013. Morfologie raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) v ČR. – *Bakalářská práce*. – Pedagogická fakulta Západočeské Univerzity v Plzni.
- Vlach, P. a Fischer, D. 2009a. Microhabitat preference of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803). – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* **384-395**(15).
- 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.
- Vlach, P. a Valdmanová, L. 2015. Morphometry of the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in the Czech Republic: allometry and sexual dimorphism. – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* **416**: 16 (in press.).
- Vlček, V., Kestřánek, J., Kříž, H., Novotný, S. a Píše, J. 1984. Zeměpisný lexikon Československa. – *Academia*, 316s. 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.

10 Seznam příloh

Příloha 1: Souhrn naměřených dat u samců.....	I
Příloha 2: Souhrn naměřených dat u samců u zadečku a klepet.....	II
Příloha 3: Souhrn naměřených dat u samic.....	III
Příloha 4: Souhrn naměřených dat u samic u zadečku a klepet.....	IV

Přílohy

Příloha 1: Souhrn naměřených dat u samců

SAMCI lokalita	Délka těla				Délka karapaxu				Hlavová část karapaxu				Šířka karapaxu			
	průměr	min	max	SD	průměr	min	max	SD	průměr	min	max	SD	průměr	min	max	SD
Luční – Podkr.	71,41667	44,9	98,4	18,09857	36,2	22,7	51,1	9,9057	22,85833	15,1	32,4	5,896109	19,85	11,4	28,9	5,501742
Huníkovský p.	56,425	36,4	73,2	12,91692	28,01667	36,3	17,1	7,0011	17,86667	10,9	23,4	4,465112	14,05	8,2	18,6	3,795282
Vrbový p.	61,73571	32,4	81,2	16,65098	31,47857	16,2	42,2	9,056	19,87143	10,4	26,6	5,162561	15,95714	7,6	21,9	4,911025
Valdický p.	69,64706	45,5	84	9,44072	35,33529	22,9	43,3	5,441	22,24118	14,7	27,2	3,136138	18,01765	11,6	23,2	3,246579
Luční - Čes.stř.	63,16154	41,5	84,9	12,91913	32,03846	20,3	43,7	6,9756	20,14615	13,2	28	4,308599	16,1	10	22,7	3,847277
Trojhorský p.	72,41875	59,9	93,3	8,455192	36,49375	29,9	44,8	4,1745	23,2375	19,2	27,4	2,304852	18,4875	14,9	24,1	2,456083
Bzovský p.	58,80625	38,4	85,3	9,929342	28,89375	18,7	43	5,2505	18,20667	12,2	26,7	3,274033	13,85	8,7	20,9	2,609598
Chýlava	62,9625	41,2	83,3	12,39828	31,90625	19,7	43,3	7,0534	20,3	12,7	26,6	4,121589	15,3625	9,2	22,1	3,627478
Rakovský p.	56,06154	40,3	74,1	9,406343	27,36154	19,5	36,8	4,8368	17,46154	12,7	22,8	2,808925	13,48462	9,3	19,2	2,80764
Přešínský p.	46,25789	32,5	54,7	7,01887	22,84211	15,9	26,9	3,3856	14,77368	10,7	17,2	1,967323	10,63737	7,3	13,1	1,733378
Chocenický p.	52,5	33,1	66,8	11,61206	25,4	16,2	33,5	5,8529	16,23636	10,7	21,2	3,487972	12,14545	7,1	16,9	3,160945
p.Novosedl. p.	52,94667	40,3	66,7	6,212983	26,19333	19,7	34	3,4499	16,7533	12,6	21,4	2,086102	12,52667	8,6	15,9	1,917104
Medvědí potok	56,14	43,7	70,1	8,480236	27,84667	20,8	36,5	4,9731	17,72667	13,5	22,5	2,972197	13,62667	10	16,6	2,370504
Zubřina	71,10625	45,5	104	15,27242	35,86875	22,3	54,3	8,9743	22,88125	13,9	36	6,21613	18,28125	11	28,3	4,532689

Příloha 2: Souhrn naměřených dat u samců u zadečku a klepet

SAMCI lokalita	Samci šířka zadečku				Délka klepeta				Šířka klepeta				Výška klepeta			
	průměr	min	max	SD	průměr	min	max	SD	průměr	min	max	SD	průměr	min	max	SD
Luční – Podkr.	15,95833	9,5	26,6	4,95	30,28333	15,3	49,2	11,8	13,217	7,1	20,9	5,01	8,341667	4,6	13,8	2,87
Huníkovský p.	12,04167	7,1	15,7	2,93	21,73333	10	33	7,93	9,3167	4,4	13,7	3,2	5,8	2,8	8,8	2,04
Vrbový p.	13,63571	6,8	17,8	3,77	25,97857	9,9	38,8	9,85	11,029	4	16,8	4,14	6,728571	2,7	9,5	2,42
Valdický p.	15,17059	10	18,3	2,09	27,93529	14,6	40,9	7,31	12,482	6,5	18,7	3,09	7,176471	4	10	1,7
Luční - Čes.stř.	14,01111	11,8	17,9	2,01	26,34615	13,5	40	8,19	11,654	5,9	18,5	3,5	7,138462	3,7	11,2	2,12
Trojhorský p.	16,15	13,5	18,6	1,35	30,86875	19,7	43,6	6,13	13,069	8	16,4	2,41	8,2375	5,1	11,8	1,76
Bzovský p.	13	8,2	18,8	2,27	22,1	11,5	39,1	6,07	10,056	4,9	18	2,75	6,3	3,2	12,1	1,9
Chýlava	13,7625	8,8	18,9	2,81	24,9	12,4	40,7	8,11	11,406	5,3	18,4	3,9	6,5875	3,5	11,4	2,24
Rakovský p.	12,22308	8,4	15,9	2,15	20,02308	12,3	30,4	5,1	8,9308	5,2	14,3	2,43	5,561538	3,7	7,9	1,33
Přešínský p.	10,18421	6,9	12,6	1,72	15,60526	9,5	19,5	2,93	7,4	4	16	2,52	4,273684	2,2	5,6	0,98
Chocenický p.	11,4	7	14,8	2,76	18,52727	10	25,2	5,47	7,8091	4,2	10,9	2,3	4,736364	2,4	6,8	1,49
p.Novosedl. potoka.	11,35333	8,4	13,9	1,51	17,9	12,3	22,5	2,97	8,26	5,4	11,4	1,59	5,146667	3,3	6,9	1,03
Medvědí potok	12,33333	9,3	16,3	2,08	20,48	13,2	30,4	5,43	9,3067	5,6	13,3	2,41	5,613333	3,5	8,1	1,5
Zubřina	16,125	10,3	23,1	3,37	30,83125	15,2	55,6	10,5	13,369	7,1	23,7	4,13	7,90625	4,5	12,7	2,27

Příloha 3: Souhrn naměřených dat u samic

SAMICE lokalita	Délka těla				Délka karapaxu				Hlavová část karapaxu				Šířka karapaxu			
	průměr	min	max	SD	průměr	min	max	SD	průměr	min	max	SD	průměr	min	max	SD
Luční – Podkr.	61,42222	20,5	94,8	18,68245	29,26111	9,8	43,5	8,487647	19,01111	6,8	26,5	5,302923	15,72222	4,6	22,8	4,99695
Huníkovský p.	55,12778	33,1	73	10,60994	26,50556	15,1	35,3	5,302355	17,04444	10,2	22,8	3,214589	13,30556	7,7	18,2	2,781181
Vrbový p.	56,4375	30,6	77,4	15,73713	27,975	16,2	38,5	7,433737	17,8875	10,5	24,4	4,487047	14,1625	7,9	19,1	3,83469
Valdický p.	63,56154	40,6	74,4	8,241596	30,77692	19,9	35,1	4,043067	20,58462	12,6	29,3	3,626791	15,27692	9,7	18,4	2,160183
Luční - Čes.stř.	56,04118	34,5	75,6	10,05497	26,48824	16,4	36,4	5,122256	17,08235	10,2	23	3,200778	13,35294	7,7	18,6	2,662179
Trojhorský p.	60,2	38,3	76,2	10,32175	28,87143	18,3	36,5	5,289805	18,76429	12,2	23,8	3,251507	13,95714	8,6	18,8	2,738277
Bzovský p.	58,15714	48,3	75,2	7,164567	27,52143	22,9	35,5	3,391834	18,14286	15,1	23,1	2,354544	13,55	10,5	18,9	2,141345
Chýlava	57,89289	47,4	66,6	6,147295	27,59286	22,3	32,2	3,085557	18,06429	14,9	21,1	1,895712	13,07143	9,7	15,4	1,597511
Rakovský p.	58,06471	44,7	73,3	10,17505	27,44706	20,8	35,2	4,919483	17,72353	13,7	22,7	2,957648	13,61765	9,9	18,1	2,862585
Přešínský p.	47,66364	32,2	69,7	10,92597	22,96364	15,5	33,9	5,300647	14,98182	10,4	21,7	3,306692	10,972773	6,9	16,8	2,799055
Chocenický p.	49,43684	32,1	77,8	13,99583	23,41579	15,2	37	6,755993	15,15263	9,9	23,7	4,227276	11,33684	6,8	19,8	3,78212
p.Novosedl. potoka	52,81176	33,8	72,7	9,01573	25,6	16	36,5	4,61481	16,48235	10,2	23,3	2,883061	12,14118	7,4	16,5	2,318737
Medvědí potok	59,38667	44,4	70	7,24862	28,46667	19,7	33,6	4,095309	18,48667	13,9	21,6	2,262746	14,18667	10,3	17,9	2,100116
Zubřina	65,29286	53,3	82,6	8,089717	31,41429	24,9	41,3	4,619038	20,25	16	27,6	3,176195	15,77143	12,4	20,4	2,248945

Příloha 4: Souhrn naměřených dat u samic u zadečku a klepet

SAMICE lokalita	Samice šířka zadečku				Délka klepeta				Šířka klepeta				Výška klepeta			
	průměr	min	max	SD	průměr	min	max	SD	průměr	min	max	SD	průměr	min	max	SD
Luční – Podkr.	16,39444	4,2	25,8	5,379123	19,41111	6	31,2	7,179515	9,266667	2,6	13,8	3,11359	5,8	2,5	9,8	1,860705
Huníkovský p.	13,55556	6,4	19,6	3,353311	17,41111	8,8	24,3	4,177438	8,077778	3,2	16,3	2,86968	4,56111	2	6,6	1,09906
Vrbový p.	14,8125	6,9	21,7	4,669967	18,0875	9,9	22,3	4,610704	8,9	4	19,3	4,484417	5,1125	2,6	9,3	2,002772
Valdický p.	16,13077	8,8	19,3	2,796807	20,40769	12,3	23,9	3,179129	10,58462	5,2	19,8	3,924253	5,38462	3,3	6,3	0,741979
Luční - Čes.stř.	13,93529	7,6	20	3,076847	18,67647	10,6	27,2	4,899763	8,011765	4,8	11,1	1,752941	4,78325	3	6,7	0,943233
Trojhorský p.	14,86429	8,2	20,2	3,550575	19,54286	11,6	26,9	4,280139	8,785714	4,5	12,3	1,984172	5,23571	2,9	7,5	1,190802
Bzovský p.	14,36429	9,3	20,7	2,74216	18,28571	14,5	24,7	2,631636	8,235714	6,1	10,3	1,169009	5,1	3,8	6,3	0,690755
Chýlava	13,77143	9,6	17,1	2,106259	17,68571	14,2	21,7	2,243039	7,642857	6,2	9,7	1,047933	4,55	3,6	5,5	0,492443
Rakovský p.	14,31176	9,9	19,3	3,284882	17,85882	12,4	25,2	3,856554	7,9	5,3	11,4	1,884925	4,91177	3,4	6,9	0,972494
Přešínský p.	11,47273	7,1	18,5	3,261927	14	8,5	18,9	3,305643	6,027273	3,5	8,2	1,532135	3,67273	2,1	5,1	0,927451
Chocenický p.	11,68421	6,7	21,3	4,454715	15,08421	9,2	25,2	5,075977	7,084211	4	19,4	3,585976	3,93158	2,4	5,7	1,185017
p.Novosedl. potoka.	12,96471	7,3	19,1	2,92292	16,17647	9,5	25,1	3,706835	7,029412	4,1	10,9	1,595127	4,04706	2,6	6,1	0,821131
Medvědí potok	14,97333	10,2	18,9	2,346193	19,75333	12,4	28,2	3,636274	8,893333	5,5	12,9	1,691337	5,2	2,8	7,4	1,089342
Zubřina	17,44286	14,1	20,8	2,315388	21,51429	16,3	28,3	3,560268	9,685714	7,1	12,6	1,775169	5,6	3,9	7,3	0,940365