

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA PEDAGOGICKÁ

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

FUNKČNÍ MORFOLOGIE RAKA KAMENÁČE (*AUSTROPOTAMOBIVS  
TORRENTIVM*) V ČESKÉ REPUBLICE

STUDIJNI OBOR  
UČITELSTVÍ PRO STŘEDNÍ ŠKOLY  
BI-CHE

**LUKÁŠ HULEC**

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

**Plzeň 2017**



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

V Plzni, 30. června 2017

.....  
vlastnoruční podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Mé díky patří všem, kteří mě přímo či nepřímo podporovali a pomáhali mi s tímto projektem. Především chci poděkovat RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D., své manželce, dalším členům rodiny, přátelům a pomocníkům, Anýze a samozřejmě i všem rakům, kteří se nechali chytit.

## ABSTRAKT

Rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schrank 1803) je nejmenším evropským druhem raka. Zároveň je jedním z nejohroženějších druhů evropské astakofauny. Pokud jej chceme efektivně chránit, je potřeba mít dostatek údajů o ekologii druhu.

Předkládaná práce porovnává vybrané morfometrické parametry těla raka kamenáče na sledovaných lokalitách. Zároveň sleduje i významné parametry prostředí, jako jsou například hloubka a šířka toku, substrát dna, proudění vody a nabídka úkrytů na jednotlivých lokalitách. Data byla sbírána na 15 lokalitách v rámci České republiky. Pro měření morfometrických údajů byly použity dvě rozdílné metody, které byly zároveň porovnány. Celkem se podařilo zaznamenat údaje od 444 jedinců.

Statistická analýza dat odhalila výraznou odlišnost jedinců na některých lokalitách. Jednalo se o jedince na Lučním potoce v Rudníku a Zubřině, kteří měli méně protáhlý tvar karapaxu a relativně větší klepeta vzhledem k délce karapaxu. Naopak na Klabavě se vyskytovali jedinci s protáhlejším karapaxem a relativně menšími klepety. V nejvíce parametrech prostředí se od ostatních lišily horní tok Rakovského potoka, Chejlava, Luční potok v Rudníku a Zubřina. Předkládaná práce je součástí většího projektu, ve kterém budou data parametrů prostředí, naměřená morfometrická data a údaje získané analýzou DNA odchycených jedinců porovnána pomocí mnohorozměrných metod.

Klíčová slova:

rak kamenáč, Česká republika, morfologie, parametry prostředí.

## ABSTRACT

The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank 1803), belongs to the smallest European crayfish species. It is one of the most endangered species of European crayfish, therefore it seems to be necessary to look for sufficient data concerning its ecology to protect this species.

This thesis compares morphometric data of stone crayfish individuals on selected localities. It also evaluates differences in stream morphology based on abiotic factors such as width, depth, substrate of bottom and type of shelters on localities too. Data were collected on 15 localities of the Czech republic. Two different methods were used to measure morphometric data and methods were compared together. Data of 444 individuals were recorded.

Statistical evaluation shows difference among some populations. Most differences were recorded on Luční potok in Rudník and Zubřina, where individuals with less elongated shape of carapaces and relatively larger chelae were occurred. On the other hand noticeably elongated shape of carapaces and relatively smaller chelae were recorded on Klabava. Localities were also differed in abiotic factors. Most differences were recorded on upper part of Rakovský potok, Chejlava, Luční potok in Rudník and Zubřina. This thesis is part of wider project focused on relationship between crayfish morphology and many factors (e.g. stream morphology, water chemistry or genetics).

Key words:

stone crayfish, Czech republic, morphology, parameters of environment

## **OBSAH**

1 ÚVOD.....	2
2 CÍLE PRÁCE.....	3
3 METODY A MATERIÁL.....	4
4 VÝSLEDKY.....	18
5 DISKUSE.....	57
6 ZÁVĚR.....	63
7 LITERATURA.....	64

## 1 ÚVOD

S raky se člověk setkával od nepaměti. Zájem lidí o tyto živočichy měl dříve spíše ekonomický a kulinářský charakter. Během období decimace evropských populací v 19. a 20. století se pohled na raky změnil. Dnes je rak pro většinu obyvatel spíše vlajkovým druhem relativně přirozených ekosystémů (Spitzky 1973, Edgerton a kol. 2004, Kozubíková a kol. 2008). Výzkum v posledních dekádách ukazuje, že ekologie raků je velice rozmanitá a je zde ještě řada otázek, které je potřeba zodpovědět (Grandjean a Souty-Grosset 2000, Holdich 2003, Pârvulescu 2010.). Jedna z nejdůležitějších informací, která je nezbytná pro porozumění danému organismu, je způsob, jak je ovlivňován vnějším prostředím. Raci žijí poměrně skrytým způsobem života, a proto je obtížné jejich přímé sledování v přirozeném prostředí. Existují práce, kdy bylo chování sledováno v umělých podmínkách (Vorbürger a Ribí 1999, Kozák a kol 2013). Poměrně obsáhle jsou zmapované požadavky na prostředí, a to jak v laboratoři, tak i terénním výzkumem (Vorbürger a Ribí 1999, Svobodová a kol. 2012, Vlach a kol. 2012). U některých druhů jsou publikovány studie týkající se rozdílů mezi jednotlivými populacemi (Grandjean a Souty-Grosset 2000, Salici a kol. 2010). Tyto rozdíly mohou mít příčinu v rozdílné genetické výbavě (tj. dlouhodobá izolace populací), v charakteru prostředí, ve kterém se jednotlivé populace nacházejí, nebo se může jednat o kombinaci výše zmíněných faktorů. Předkládaná práce je zaměřena na vztah mezi morfologií těla u raka kamenáče (*Austropotamobius torrentinum*) a parametry prostředí, které jsou významné pro výskyt a dlouhodobé přežívání daného druhu raka (Vlach a kol. 2009b, Svobodová a kol. 2012, Vlach a kol 2012). Výsledky práce mohou mít velký význam pro praktickou ochranu druhu (např. záchranné programy...) a zároveň je práce součástí většího výzkumného projektu zaměřujícího se na komplexní zkoumání faktorů působících na morfologii těla raků. Jako dílčí cíl si také stanovuje porovnat rozdíly mezi měřeními morfometrických dat přímo v terénu a jejich odečtem z fotografií, což by mohlo do budoucna zefektivnit terénní práce.



## **2 CÍLE PRÁCE**

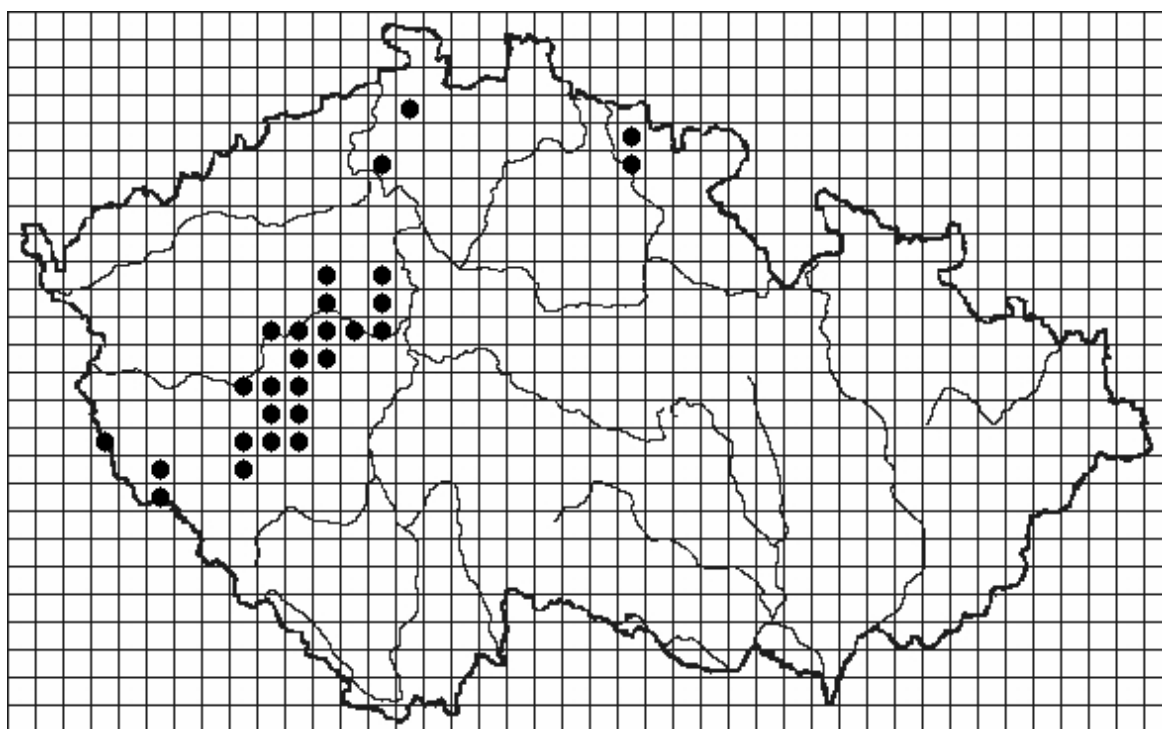
Cíle předkládané práce jsou:

1. porovnat tvar těla (vybrané morfometrické parametry) jedinců raka kamenáče na sledovaných lokalitách.
2. porovnat variabilitu vybraných faktorů prostředí a rozdílnost sledovaných lokalit.
3. porovnat metody sběru morfometrických dat a zhodnotit jejich vhodnost pro další výzkum.

### 3 METODY A MATERIÁL

#### 3.1 Zájmový organismus

Rak kamenáč je jedním z nejmenších a nejohroženějších druhů raka. Jedná se o druh náležející do rodu *austropotamobuis*, čeledi *astacidae*. Jedná se o evropský druh vyskytující se od Řecka po Německo a od Rumunska po východní Francii a Švýcarsko (Kouba a kol. 2014). Jeho výskyt je zaznamenán také v Turecku (Harlioğlu a Güner 2007) či na Ukrajině (Holdych 2002, Machino a Füreder 2005). Někteří autoři ho považují za panonský prvek, který se rozšířil povodím Dunaje. V několika zemích se vyskytuje i v tocích, které do povodí Dunaje nespádají, jedná se hlavně o povodí Labe, což někteří autoři považovali za důsledek umělého vysazení (Machino a Füreder 2005). Současné genetické studie a terénní výzkum, ale naznačují, že většina populací v povodí Labe je přirozeného původu. Rak kamenáč se pravděpodobně dostal do povodí Labe přes bažinaté oblasti v Českém lese (Petrušek a kol. 2017).



Obr. 1 Rozšíření kamenáče v ČR (Chobot a Štambergová 2009)

Česká republika leží v hlavním areálu raka kamenáče, tento druh se zde vyskytuje na více než 30 tocích (Obr. 1). Nejvýznamnější populace jsou v západních Čechách (především

v povodí Úhlavy, Úslavy a Bradavy), středních Čechách (na Křivoklátsku), v Krkonoších a Českém středohoří (Kozák a kol. 2002, Chobot a Štramberková 2009, Vlach a kol. 2009a).

Rak kamenáč požívá, stejně jako většina ostatních původních evropských druhů raků vysokého stupně ochrany. V České republice je chráněn podle zákona 114/1992 sb. jako kriticky ohrožený druh. Je prioritním druhem systému Natura 2000. Nachází se v červených seznamech České republiky i IUCN, je zahrnut v Bonnské úmluvě, Bernské úmluvě a CITES. Důvodem ochrany je především velký pokles početnosti populací vlivem morové epidemie, ztrátou a znehodnocením stanovišť v důsledku lidské činnosti a nepřirozeným predačním a konkurenčním tlakem ze strany introdukovaných živočichů (Füreder a kol. 2010).

Rak kamenáč obývá malé toky přirozeného charakteru s mírným spádem a velkou členitostí dna (Bohl 1987, Machino a Füreder 2005). Často sledovaným parametrem kvality biotopu raků je i chemismus vody. Důvodem je jejich citlivost na vysoké koncentrace znečištění. Současné studie však ukazují, že v podmínkách České republiky není chemismus vody na řadě lokalit limitujícím faktorem, protože kvalita vody v posledních desetiletích stoupá (Svobodová a kol. 2012, Vlach a kol. 2012). Naopak, podle současných poznatků je mnohem významnější charakter toku a s ním související nabídka úkrytů (Vlach 2009b). Také členitost a struktura dna a příbřežní porosty hrají důležitou úlohu, jedinci raka kamenáče totiž vyhledávají úkryty v substrátu dna, kořenovém systému zasahujícím do toku a v opadu dřevin příbřežní vegetace. Ve vhodných podmínkách (jílovité dno) jsou raci schopni pro své potřeby hloubit nory. Je prokázána spojitost mezi nabídkou úkrytů a velikostí jedinců, kteří je obývají a svůj úkryt si také aktivně chrání před ostatními (Vorburger a Ribí 1999, Streissl a Hödl 2002b, Vlach a kol. 2009b). Substrát dna je pro raky důležitým zdrojem potravy. Ta se skládá jak z rostlin, tak živočichů. Živočišná složka je tvořena mršinami, ale i živou kořistí skládající se z drobných živočichů. Loví larvy hmyzu, blešivce a jiné vodní organismy odpovídající velikosti. Rak kamenáč je aktivní převážně v noci a přes den je ukryt před predátory. Tomu odpovídá i potřeba vhodných úkrytů (Renz a Breithaupt 2000). Predátory raků jsou ryby, ptáci, šelmy a bylo dokonce pozorováno i lovení juvenilních jedinců larvami vážek (Ackefors 1998 v Ďuriš a Horká 2005). Račími predátory jsou hlavně lososovité ryby a vranky, lovící juvenilní jedince. Z ptáků to jsou racci, vrány, kachny, volavky

a v neposlední řadě i ledňáček. Pravděpodobně největšími predátory jsou savci, například vydra říční, norek americký či liška (Ackefors 1998 v Ďuriš a Horká 2005, Fischer a kol. 2009).

Samci raka kamenáče dorůstají maximální délky blížící se 10 cm, výjimečně i přes 12 cm, samice jsou menšího vzrůstu (Štambergová a kol. 2009). Zbarvení bývá tmavě hnědé, tmavě zelené přecházející až do okrové s výrazným mramorováním. Patoka a kol. (2013) popisují mramorování jako vzácný typ zbarvení na Bzovském a Stroupínském potoce. Ale terénní mapovatelé (Vlach ústně) i autor této diplomové práce běžně nacházeli jedince s mramorováním i na ostatních lokalitách. Spodní strana těla je světlejší. U raka kamenáče se nevyskytují žádné výrazné skvrny. Tělo je kryto krunýřem, který je vylučován pokožkou a vytváří vnější kostru. Krunýř je tvořen chitinovou kutikulou zpevněnou uhličitanem a fosforečnanem vápenatým. Kutikula je pevná a v období růstu musí být svlékána. Než se nová kutikula zpevní je měkká a rak je během tohoto období velmi zranitelný. Vytvrzení kutikuly probíhá postupně za účasti tzv. rakůvek (zásoba vápenatých solí v těle). Občas dochází při svlékání v nevhodných podmínkách k deformacím krunýře. Raci mají velkou schopnost regenerace, pokud přijdou o končetinu, jsou schopni ji při dalším svlékání nahradit. Regenerát je menší velikosti než původní končetina, a i když postupně dorůstá, většinou nedosahuje stejné velikosti jako nepoškozená končetina (Štambergová a kol. 2009).

Tělo raků se skládá ze dvou částí a to z hlavohruďi a zadečku. Hlavohruď je kryta štítem (karapax), který dopředu vybíhá ve špičatý výrůstek (rostrum). Tvar rostra a přítomnost dalších výrůstků a trnů na karapaxu je druhově specifická. Rak kamenáč má krátké rostrum popisované jako rovnostranný trojúhelník (Štambergová a kol. 2009) a hladký karapax s minimem výrůstků. Na stranách hlavové části karapaxu se nacházejí složené oči na stopkách, za nimi je jeden pár postorbitálních lišt. Mezi hlavovou a hrudní částí karapaxu prochází týlní šev a za ním na hrudní části probíhají další dvě podélné rýhy. Pod karapaxem se na bocích nachází dutiny, ve kterých jsou ukryty žábry. Zadeček je tvořen sedmi články. Jeho svrchní strana je kryta zpevněnou kutikulou a poslední článek, který vytváří malou ploutev, se nazývá telson.

Na téměř každém článku těla vyrůstá pár končetin. Končetiny slouží k různým účelům a podle toho jsou modifikovány. Na člancích hlavohruďi to jsou dva páry tykadel, kusadla, makadla, dva páry čelistí, tři páry přiústních nožek, pět párů pereopod, z nichž první pár je

zakončen mohutnými klepety. Klepeta jsou u samců mnohem větší a robustnější než u samic. U zdravých samců, kde nedošlo k žádnému poškození, jsou silně hrbolkatá se dvěma výraznými zuby, mezi nimiž je mírná mezera. Vnitřní strana obou prstů je pilovitá. Kloub klepet je obvykle červené barvy. Zadečkové články, nesou po páru drobných nožek (peleopody). Peleopody mají význam při rozmnožování, první dva páry slouží u samců k předávání spermatoforu a jsou k tomuto účelu modifikovány. U samic pak mají velký význam ostatní peleopody, které přidržují vajíčka pod zadečkem samice. Nožky na předposledním článku mají plochý tvar a spolu s telsonem vytváří malou ploutvičku (Štambergová a kol. 2009).

Důležitými morfometrickými znaky u raka kamenáče jsou především ty znaky, podle kterých lze určit druh. Těmi jsou nepřítomnost výrazných výrůstků na karapaxu, počet postorbitálních lišt a do značné míry i tvar rostra, klepet a zbarvení. Další významný znak, který umožňuje s jistotou určit pohlaví jedince je tvar prvních dvou párů peleopod. Některé znaky vykazují velkou variabilitu. Jsou to především tvar a velikost rostra, kdy je rostrum popisováno jako rovnostranný trojúhelník (Štambergová a kol. 2009), terénní mapovatelé však uvádějí, že takový tvar rostra se v ČR vyskytuje nejvíce u jedinců v podkrkonoší a u ostatních populací je rostrum často více protáhlé (Fisher a Vlach ústně). Dalším plastickým znakem často sledovaným u raků rodu *austropotambius* je šířka karapaxu vztahovaná k jeho délce. Tento znak popisuje základní tvar karapaxu a byly pozorovány určité rozdíly na různých lokalitách (Salici a kol. 2010, Vlach a Valdmanová 2015). Neméně významným znakem je relativní velikost a tvar klepet, na které se zaměřují někteří zahraniční autoři (Grandjean a kol. 1997, Grandjean a Souty-Grosset 2000, Pârvulescu 2010). Často se z naměřených morfometrických hodnot počítají indexy poukazující na kondici jedince (Streissl a Hödl 2002a, Maguire a Klobučar 2011, Trožić-Borovac a kol. 2012).

### 3.2 Sběr jedinců

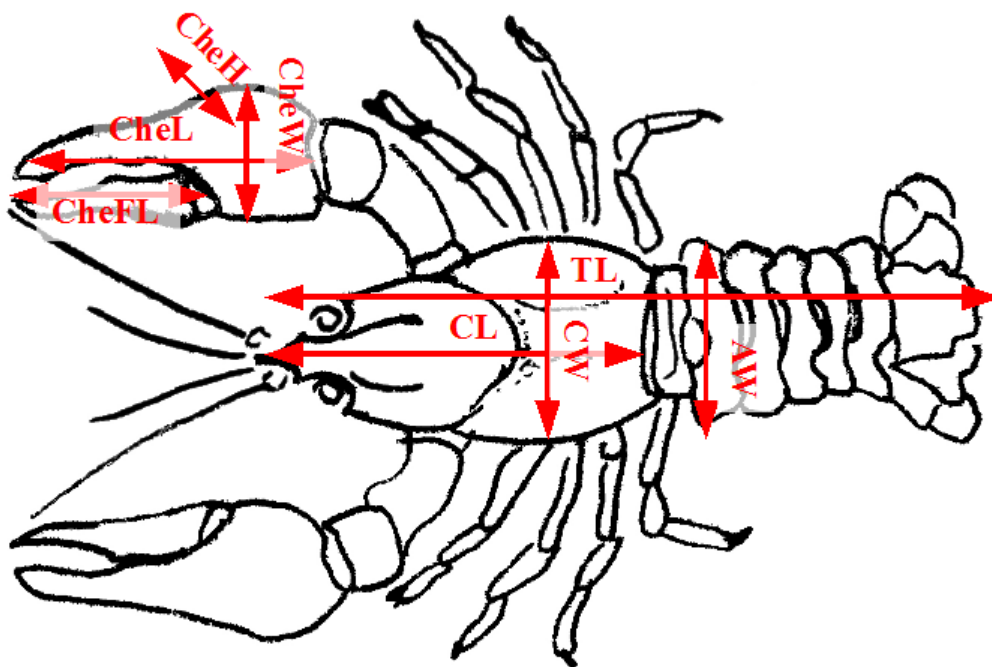
Sběr jedinců probíhal v období září až listopad 2016 pomocí ručního prohledávání dle metodiky pro monitoring raka kamenáče AOPK (Fisher a kol. 2011). Byly prohledávány potenciální úkryty, například prostory pod kameny, kořeny zasahující do toku, organický materiál usazený v korytě a další, dokud nebyl odchycen dostatečný

počet jedinců. Na každé lokalitě mělo být odchyceno 20-30 jedinců o velikosti nad 2 centimetry. Protože odlov probíhal i v proudných úsecích, byla k odchytu unikajících jedinců použita rybářská síťka.

### 3. 3 Měření morfometrických údajů

Každý jedinec byl po odchytu změřen posuvným měřítkem s přesností na desetiny milimetru. Měřenými morfometrickými znaky byly celková délka (od rostra po konec telsonu, značeno jako TL), délka karapaxu (rostrum až konec karapaxu na hřbetní straně, značeno jako CL), největší šířka karapaxu (značeno jako CW), největší šířka zadečku (značeno jako AW). Dále byla měřena velikost pravého klepeta. V případě, že bylo pravé klepeto regenerované, nebo poškozené, měřilo se levé. Údaje zaznamenávané z klepet byly délka klepeta (od okraje kloubu klepeta po konec nepohyblivého prstu, značeno jako CheL), šířka klepeta ( značeno jako CheW), výška klepeta (značeno jako CheH) a délka pohyblivého prstu klepeta (značeno jako CheFL). Měřené znaky jsou vyobrazeny na obrázku 2. Po změření byl jedinec zvážen pružinovou vahou s přesností vážení na desetinu gramu a vyfotografován na milimetrovém papíře. Fotografován byl karapax a klepeto, které bylo měřeno posuvným měřítkem.

Naměřené údaje byly zaznamenány do formuláře, který byl převeden do elektronické podoby. Údaje byly následně utříděny do tabulky a byly provedeny výpočty relativních velikostí částí těla a statistické analýzy. Relativními velikostmi jsou myšleny poměry mezi naměřenými údaji, například mezi velikostmi částí těla a délkou karapaxu. Spočítány byly poměry mezi šířkou a délkou karapaxu ( $CW/CL$ ), mezi šířkou zadečku a délkou karapaxu ( $AW/CL$ ), poměr mezi délkou klepeta a délkou karapaxu ( $CheL/CL$ ), poměr mezi šířkou klepeta a délkou karapaxu ( $CheW/CL$ ), poměr mezi výškou klepeta a délkou karapaxu ( $CheH/CL$ ), poměr mezi délkou pohyblivého prstu klepeta a délkou karapaxu ( $CheFL/CL$ ) a poměr mezi délkou a šířkou klepeta ( $CheL/CheW$ ).



Obr. 2 údaje měřené posuvným měřítkem (celková délka - TL, délka karapaxu - CL, největší šířka karapaxu - CW, největší šířka zadečku - AW, délka klepeta - CheL, šířka klepeta - CheW, výška klepeta - CheH a délka pohyblivého prstu klepeta - CheFL

Fotografie byly zpracovány v programu TpsDig (obr 3) a vybrané údaje z nich byly získány grafickým měřením. Jednalo se o délku a šířku karapaxu. Pro lepší porovnání dat byla provedena korekce. Korekce probíhala tak, že data odečtená z fotografie byla vynásobena průměrným podílem mezi daty naměřenými posuvným měřítkem a odečtenými z fotografie u 20 náhodně vybraných jedinců.

U všech jedinců bylo zaznamenáno také pohlaví a případné poškození nebo přítomnost snůšky.

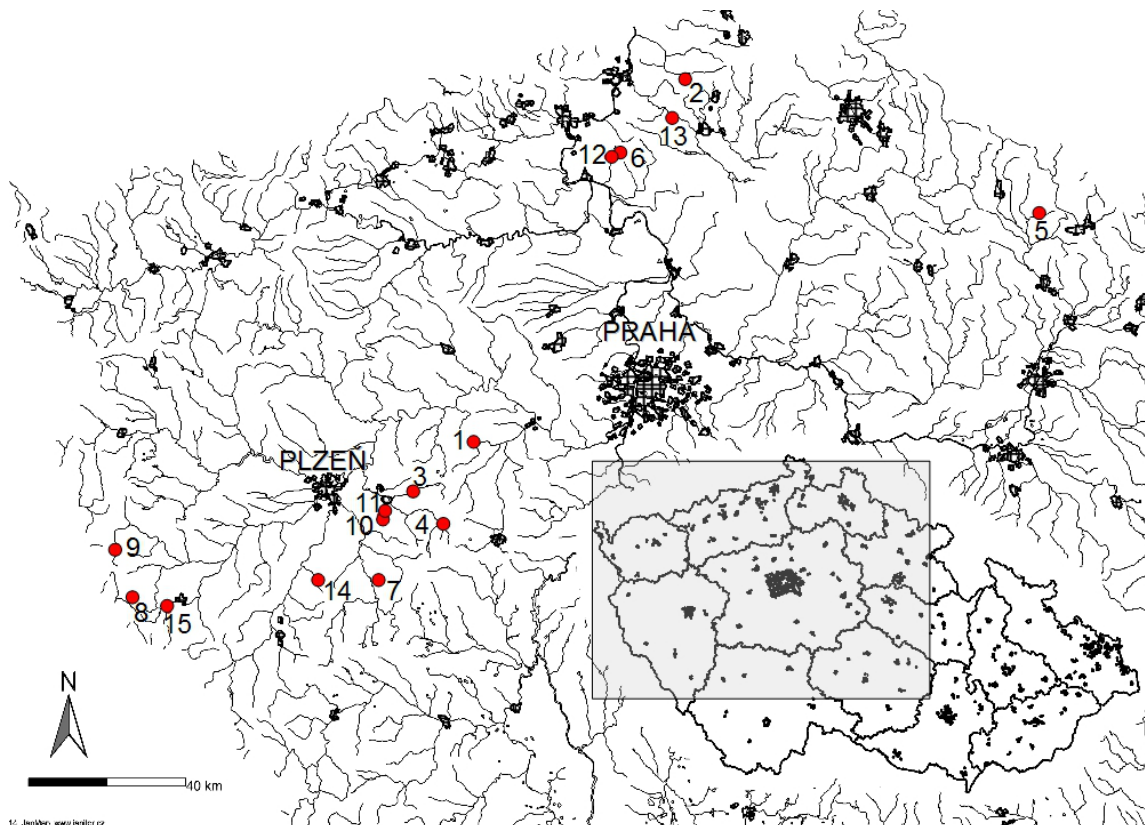


Obr. 3 Měření morfometrických údajů pomocí TpsDig

### 3.4 Vybrané lokality

Odlov jedinců probíhal na 15 lokalitách v rámci 14 vodních toků. Všechny toky spadaly do povodí Labe, až na přítok Novosedlského potoka, který patřil do povodí Dunaje. Hlavním kritériem pro výběr lokalit byl dlouhodobý výskyt stabilní populace raka kamenáče s přihlédnutím k typu substrátu. Údaje o síle a stavu populací byly čerpány od monitorovatelů AOPK, kteří dlouhodobě sledují stav populací na daných lokalitách (Vlach ústně 2016).





Obr. 4 Mapa umístění vybraných lokalit v rámci České republiky (1. Bzovský potok, 2. Huníkovský potok, 3. Chejlava, 4. Klabava, 5. Luční potok - Rudník, 6. Luční potok - Třebušín, 7. Přešínský potok, 8. přítok Novosedlského potoka, 9. Radbuza, 10. Rakovský potok - horní tok, 11. Rakovský potok - dolní tok, 12. Trojhorský potok, 13. Valdecký potok, 14. Zlatý potok, 15. Zubřina).

#### 1. Bzovský potok (značen jako Bzov. p.)

Bzovský potok pramení 2,1 kilometru západně od obce Bzová ve výšce 520 m n. m., ústí zprava do Stroupínského potoka 1 kilometr jižně od obce Březová v 318 m n. m. a délka toku je 5,2 kilometru (Vlček a kol. 1984). Sledovaná lokalita se nachází přibližně 0,5 kilometru Nad soutokem se Stroupínským potokem (GPS 49°53'45.847"N, 13°53'7.321"E). Koryto je zde napříměno a břehy jsou částečně zpevněny vyskládanými kameny, ve kterých se nacházejí prostory sloužící jako úkryty pro raky. Tok je zastíněn řídkým porostem stromů.

#### 2. Huníkovský potok (značen jako Hun. p.)

Jedná se o malý vodní tok pramenící 1 kilometr severně od Huníkovského rybníka u obce Huníkov ve výšce 380 m n. m. a ústící v obci Kerhartice do říčky Bystrá ve výšce 290 m n. m.. Délka toku je 3,5 kilometru (Mapy.cz 2017). Sledovaná lokalita

se nachází přibližně 0,5 kilometru pod Huníkovským rybníkem ve výšce 310 m n. m. (GPS: 50°46.47348' N, 14°24.86162' E). Koryto má přirozený charakter s výraznými zákruty a příbřežní vegetací lužního charakteru. Lokalita je vyhlášena jako EVL pro raka kamenáče.

### 3. Chejlava (značena jako Chej.)

Malý vodní tok pramení u obce Těškov (490 m n. m.) a ústí do Holoubkovského potoka u obce Svojkovice (395 m n. m.). Délka toku je 7,6 kilometrů (Vlček a kol. 1984). Zájmová lokalita se nachází severovýchodním směrem od Rokycan, poblíž obce Svojkovice (GPS: 49°45'46"N, 13°40'E). V nadmořské výšce 400 m n. m. Tok je zde zastíněn okolním lesním porostem, neregulován a jsou zachovány výrazné zákruty.

### 4. Klabava (značena jako Klab.)

Klabava pramení 3,5 kilometru jihovýchodně od Padrtě ve výšce 678 m n. m., ústí zprava do Berounky u Chrástu v 286 m n. m.. Délka toku je 49 kilometrů (Vlček a kol. 1984). Sledovaná lokalita se nachází při soutoku s Třítrubeckým potokem u loveckého zámečku Tři trubky (GPS: 49°42.24125' N, 13°47.48013' E) v nadmořské výšce 550 m n. m. Koryto má přirozený charakter s převážně kamenitým dnem a je zastíněno příbřežní vegetací lesního charakteru.

### 5. Luční potok - Rudník (značen jako Luc. p. R.)

Luční potok pramení 0,5 kilometru severně od Hervítkovic ve výšce 497 m n.m., ústí zleva do Čisté u Terezína v 370 m n. m. a délka toku je 8,3 kilometru (Vlček a kol. 1984). Sledovaná lokalita se nachází v obci Rudník ve výšce 390 m n. m. (GPS 50°34.71703' N, 15°44.24198' E). Jedná se o částečně zpevněné koryto, které se nachází podél hlavní komunikace. Je zde mírné zastínění řídkou příbřežní vegetací stromového charakteru. Lokalita je vyhlášena jako EVL pro raka kamenáče.

### 6. Luční potok - Třebušín (značen jako Luc. p. T.)

Luční potok pramení u obce Hlupice v nadmořské výšce 470 m n. m., ústí zleva do Labe v obci Třeboutice v 146 m n. m., délka toku je 14,9 kilometru (Vlček a kol. 1984). Sledovaná lokalita se nachází poblíž obce Třebušín ve výšce 304 m n. m. (GPS 50°35'55.385"N, 14°12'55.684"E). Jedná se o tok přirozeného charakteru. Některé úseky nesou známky rozpadající se regulace a celý tok je zastíněn zbytkem lužního lesa, který zůstává zachován v okolí toku. Lokalita je vyhlášena jako EVL pro raka kamenáče.

#### 7. Přešínský potok (značen jako Pres. p.)

Malý vodní tok pramenící u obce Přešín (580 m n. m.) a ústící do Úslavy v obci Ždírec (395 m n. m.). Délka toku je 5,5 kilometru (Vlček a kol. 1984). Zkoumaná lokalita se nachází asi 20 kilometrů jihovýchodně od Plzně poblíž obce Ždírec (GPS: 49°33'49"N, 13°37'46"E) v nadmořské výšce 540 m n. m. (mapy.cz 2017). Je zastíněna okolním lesním porostem a koryto má přirozený charakter. Lokalita je vyhlášena jako EVL pro raka kamenáče.

#### 8. přítok Novosedlského potoka (značen jako p. Nov. p.)

Přítok Novosedlského potoka pramení v nadmořské výšce 650 m n. m. u obce Jindřichova Hora. Ústí zleva do Novosedlského potoka u Nemanic. Délka toku je 2,4 kilometru. Zkoumaná lokalita se nachází (GPS 49°26'2.695"N, 12°44'10.962"E) ve výšce 550 m n. m. (Mapy.cz 2017). Tok je v některých úsecích napřímen a zpevněn betonovými prefabrikáty. Okolí toku je tvořeno lučními a lesními biotopy se zbytky lužního lesa.

#### 9. Radbuza (značena jako Radb.)

Radbuza pramení 1,5 kilometru severně od Závisti ve výšce 720 m n. m., ústí zprava (zdrojnice) do Berounky v Plzni v 298 m n. m. a délka toku je 111,5 kilometru (Vlček a kol. 1984). Sledovaná lokalita se nachází přibližně 2,8 kilometru severně od obce Rybník 515 m n. m. (GPS 49°32'28.944"N, 12°40'24.955"E). Koryto má přirozený charakter a je zastíněno řídkým lužním lesem. Lokalita je vyhlášena jako EVL pro raka kamenáče.

#### 10. Rakovský potok - horní tok (značen jako Rak. p. 1)

Malý vodní tok pramenící poblíž obce Raková (570 m n. m.) a vlévající se do Klabavy v obci Rokycany (350 m n. m.). Délka toku je 6,4 kilometru (Vlček a kol. 1984). Zkoumaná lokalita se nachází přibližně 1,5 kilometru severně od obce Raková (GPS 49°43'0.344"N, 13°34'44.530"E) ve výšce 408 m n. m.. Tok má v těchto místech hlinité koryto, v jehož březích si raci hloubí nory, a je zastíněn hustou lužní vegetací.

#### 11. Rakovský potok - dolní tok (značen jako Rak. p. 2)

Malý vodní tok pramenící poblíž obce Raková (570 m n. m.) a vlévající se do Klabavy v obci Rokycany (350 m n. m.). Délka toku je 6,4 kilometru (Vlček a kol. 1984). Zkoumaná lokalita se nachází 1 kilometr jihozápadně od Rokycan. Tok zde protéká podél silnice Rokycany-Štáhlavy (GPS: 49°43'20"N, 13°34'44"E), v nadmořské

výšce 390 m n. m., je napřímen, místy zpevněn polovegetačními tvárnicemi a zastíněn příbřežní vegetací.

#### 12. Trojhorský potok (značen jako Troj. p.)

Trojhorský potok pramení ve výšce 419 m n. m. necelých 0,5 kilometru od obce Rýdeč. Je přítokem Lučního potoka, do kterého se vlévá ve výšce 230 m n. m. u obce Leopoldův Mlýn. Délka toku je 7 kilometrů (Vlček a kol. 1984). Sledovaná lokalita se nachází 1 kilometr jižně od obce Třebušín ve výšce 380 m n. m. ( GPS 50°35'23.957"N, 14°12'30.663"E). Jedná se o tok přirozeného charakteru, který na vybrané lokalitě protéká přírodě blízkým lesním porostem.

#### 13. Valdecký potok (značen jako Vald. p.)

Valdecký potok pramení v nadmořské výšce 410 m n. m. u obce Novosedlo a ústí zleva do Ploučnice v Horní Polici ve výšce 234 m n. m., délka toku je 5 kilometrů (Vlček a kol. 1984). Zkoumaná lokalita se nachází u obce Podlesí (GPS 50°41'34.762"N, 14°24'5.882"E) ve výšce 265 m n. m.. Jedná se o tok přirozeného charakteru, který na vybrané lokalitě protéká hospodářským lesním porostem.

#### 14. Zlatý potok (značen jako Zlat. p.)

Malý vodní tok pramení u obce Skašov (515 m n. m.) a soutokem s Kucínským potokem tvořící Příchovický potok, který se vlévá v obci Příchovice do Úhlavy (350 m n. m.). Délka toku je 10,5 kilometru (Vlček a kol. 1984). Zkoumaná lokalita se nachází přibližně 20 kilometrů jižně od Plzně poblíž obce Horšice (GPS: 49°31'7"N, 13°23'51"E ) v nadmořské výšce 440 m n. m. Koryto má přirozený charakter a je zastíněno lesním porostem. Je zde vyhlášena EVL pro raka kmenáče.

#### 15. Zubřina (značena jako Zubr.)

Zubřina pramení 1 kilometr jihovýchodně od Pasečnic ve výšce 552 m n. m., ústí zprava do Radbuzy u obce Staňkov v 355 m n. m. a délka toku je 33,1 kilometrů (Vlček a kol. 1984). Sledovaná lokalita se nachází přibližně 1 kilometr jižně od Hlavovic ve výšce 457 m n. m. (GPS 49°25'15.448"N, 12°53'2.908"E). Koryto je zde částečně zpevněno vyzděním, ale segmenty opevnění jsou poškozené a slouží jako potenciální úkryty pro raky. V okolí toku se nachází luční a lesní biotopy.

### 3.5 Sběr údajů o lokalitách

Ke sběru dat byla použita upravená metodika monitoringu raka kamenáče (Fisher a kol. 2011). V toku byl vymezen úsek o délce 300 m. Ve vymezeném úseku vodního toku bylo zvoleno deset příčných profilů, tak aby byly rovnoměrně rozděleny (cca po 30 m). Na každém profilu se měřily tyto parametry:

1. Šířka toku v metrech (značeno jako width)
2. Hloubka vodního sloupce na pěti místech rovnoměrně rozložených v profilu (z nich byla vypočítána průměrná hloubka; značeno jako D<sub>AW</sub>) a největší hloubka v centimetrech (značeno jako D<sub>Max</sub>)
3. Relativní zastoupení jednotlivých frakcí substrátu dna v procentech (viz tabulka 2).
4. Relativní zastoupení jednotlivých kategorií proudění vody v procentech (viz tabulka 1).
5. Relativní zastoupení jednotlivých kategorií potenciálních úkrytů v procentech (viz tabulka 3).

Název kategorie	Popis kategorie
Proudnice (značeno rapids)	Nachází se v proudnici.
Mimo proudnici (značeno back water)	Nachází se ve vodě tam, kde neprotéká proudnice a je zde nenulová hloubka.
Břeh (značeno shoreline)	Nachází se v korytě, avšak je zde nulová hloubka.

Tab. 1 Kategorie proudění vody v korytě (Vlach a kol. 2009b)

Údaje o zastoupení potenciálních úkrytů, proudění vody a frakcí substrátu dna byly odhadnuty na základě vizuálního pozorování. Hloubka a šířka toku byla měřena svinovacím metrem. Všechna data byla v terénu zaznamenána do formuláře a následně převedena do elektronické podoby.

Název kategorie	Velikost zrn [mm]
Jemnozrnný sediment (značeno mud)	< 0,2
Písek (značeno sand)	0,21– 2
Jemný štěrk (značeno fine gra)	2,1 – 6
Hrubý štěrk (značeno gravel)	6,1 – 20
Oblázky (značeno pebbles)	20,1 – 50
Kameny (značeno stone)	50,1 – 200
Balvany (značeno boulder)	200,1 <
Regulace (značeno regulat)	Umělé zpevnění koryta toku takovým způsobem, že je mezi prvky zpevnění nepravděpodobný výskyt úkrytů. Poškozené prvky regulace, které mohou být zdrojem úkrytů, se podle své velikosti zahrnují do předešlých kategorií.

Tab. 2 Kategorie substrátu podle velikosti zrn (Hauer a Lambert 2006; Vlach a kol. 2009b)

Název kategorie	Popis kategorie
Kořeny (značeno roots)	Kořenový systém příbřežní vegetace, který zasahuje do vodního toku a může sloužit jako zdroj úkrytů.
Nory (značeno burrows)	Úkryty vyhloubené v jílovitém nebo hlinitém substrátu dna a břehu.
Substrát (značeno substrate)	Úkryty vzniklé v prostorách mezi jednotlivými zrny substrátu dna.
Organický materiál (značeno sediment)	Jedná se většinou o odumřelé části rostlin (listy, větve) vytvářející nánosy, ve kterých mohou být prostory vytvářející potenciální úkryty.

Tab. 3 Kategorie potenciálních úkrytů

### 3.6 Statistické zpracování dat

Získaná data měla kvantitativní (morfometrické parametry a hmotnost jedinců, zastoupení frakcí substrátu dna, kategorií potenciálních úkrytů a umístění v toku, hloubka a šířka profilů) i kvalitativní (pohlaví jedinců) charakter.

Z těchto dat bylo zpracováno:

1. Popis velikostní a pohlavní struktury odchycených jedinců na jednotlivých lokalitách. Odlišnost zastoupení pohlaví od předpokládaného poměru 1:1 byla testována  $\chi^2$  testem na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .
2. Porovnání morfometrických dat populací na jednotlivých lokalitách. Data byla porovnávána zvláště pro samice a samce. Porovnávané parametry mezi lokalitami tedy byly: celková délka (TL), poměry mezi šířkou a délkou karapaxu (CW/CL), mezi šířkou zadečku a délkou karapaxu (AW/CL), poměr mezi délkou klepete a délkou karapaxu (CheL/CL), poměr mezi šířkou klepete a délkou karapaxu (CheW/CL), poměr mezi výškou klepete a délkou karapaxu (CheH/CL), poměr mezi délkou pohyblivého prstu klepete a délkou karapaxu (CheFL/CL) a poměr mezi délkou a šířkou klepete (CheL/CheW). K vyhodnocení těchto dat byla použita analýza rozptylu (Kruskal Wallis ANOVA pro vyhodnocení celkové délky a one way ANOVA pro vyhodnocení ostatních parametrů) a pro porovnání rozdílnosti znaků mezi jednotlivými lokalitami vzájemně byl použit Z-value test (celková délka) a Tukey-Kramerův test (ostatní parametry).
3. Porovnání rozdílů v parametrech toku mezi jednotlivými lokalitami. Porovnávaly se maximální a průměrná hloubka, šířka toku, zastoupení jednotlivých frakcí substrátu dna, kategorií potenciálních úkrytů a umístění v toku. K vyhodnocení těchto dat byla použita analýza rozptylu (Kruskal Wallis ANOVA), protože je zde předpoklad, že data pocházejí ze souboru, který nemá normální rozdělení, a Z-value test (Dunn's test) pro porovnání rozdílnosti znaků mezi jednotlivými lokalitami vzájemně.
4. Pro obsáhlejší porovnání parametrů toku a potvrzení závěrů z bodu 3. (viz předchozí) byla použita nepřímá ordinace PCA a následná korelace (regrese) hlavních os s nezávislými proměnnými. Do grafů byly použity hodnoty od  $R = 0,1348$  ( $\alpha = 0,05$  pro  $N=150$ )
5. Porovnání vybraných údajů (délka a šířka karapaxu) získaných měřeními v terénu a grafickým odečtem z fotografií probíhalo pomocí párového T testu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Protože některé soubory dat neměly normální rozdělení, byla použita neparametrická varianta testu (Wilcoxon signed-rank test).

Ke statistickým úkonům byly použity programy NCSS 2009, Canoco. Texty a tabulky byly vytvořeny v kancelářském software OpenOffice a obrazová data byla vyhodnocena v programu TpsDig.

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Struktura a morfometrie jedinců na lokalitách

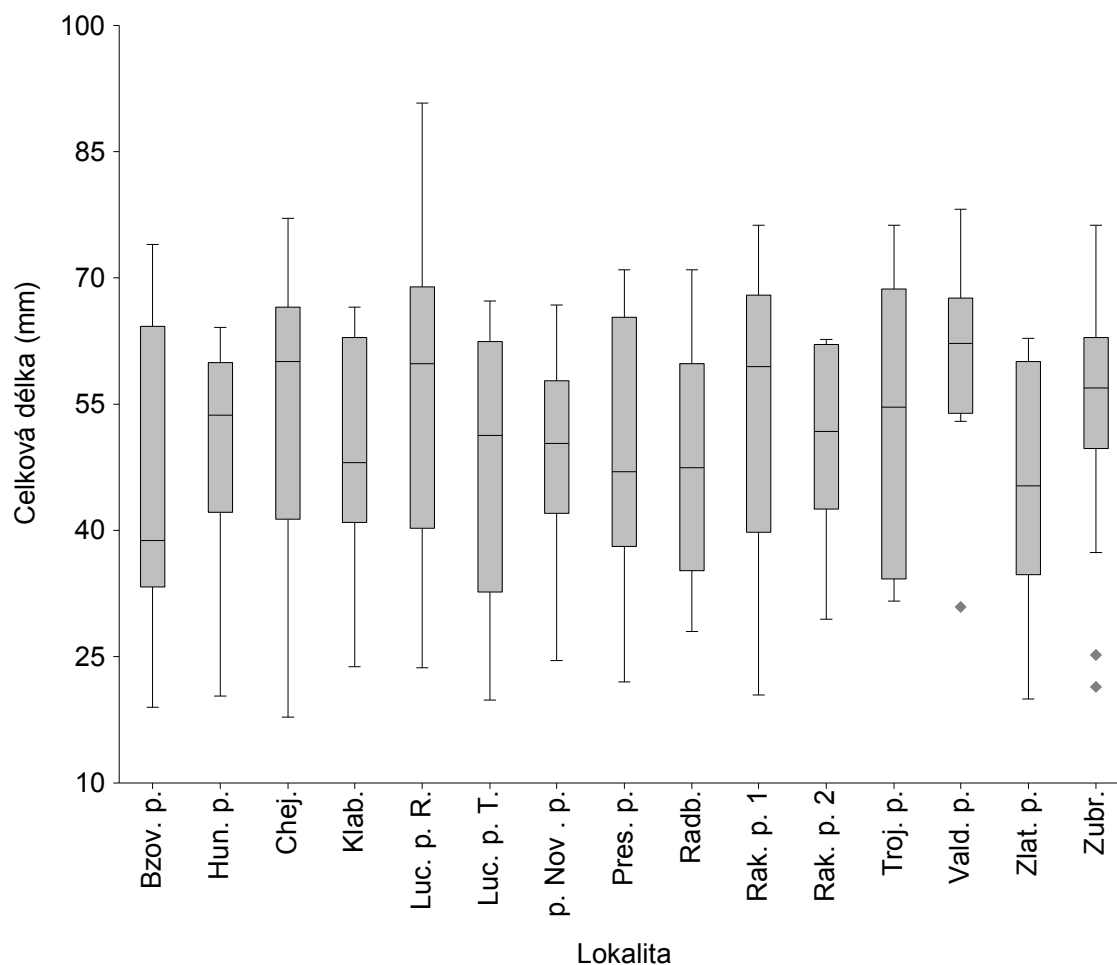
Celkem bylo odloveno a změřeno 444 jedinců. Z toho bylo 212 samic a 232 samců. Poměr pohlaví na jednotlivých lokalitách byl vyrovnaný, viz tabulka 4.

Lokalita	Počet samic	Počet samců	$\chi^2$
Bzovský potok	12	19	$\chi^2=1,58$ ; P=0,21
Huníkovský potok	17	17	$\chi^2=0$ ; P=1
Chejlava	13	9	$\chi^2=0,73$ ; P=0,39
Luční potok (Rudník)	13	18	$\chi^2=0,81$ ; P=0,37
Luční potok (Třebušín)	12	17	$\chi^2=0,86$ ; P=0,35
Klabava	19	16	$\chi^2=0,26$ ; P=0,61
Přešínský potok	16	21	$\chi^2=0,68$ ; P=0,41
přítok Novosedlského potoka	17	17	$\chi^2=0$ ; P=1
Radbuza	13	14	$\chi^2=0,04$ ; P=0,85
Rakovský potok (horní tok)	10	13	$\chi^2=0,39$ ; P=0,53
Rakovský potok (dolní tok)	15	9	$\chi^2=1,5$ ; P=0,22
Trojhorský potok	13	12	$\chi^2=0,04$ ; P=0,84
Valdecký potok	9	18	$\chi^2=3$ ; P=0,08
Zlatý potok	13	9	$\chi^2=0,73$ ; P=0,39
Zubřina	20	23	$\chi^2=0,21$ ; P=0,65

Tab. 4 Zastoupení samců a samic ve vzorcích na jednotlivých lokalitách a porovnání s očekávaným zastoupením pohlaví 1:1.

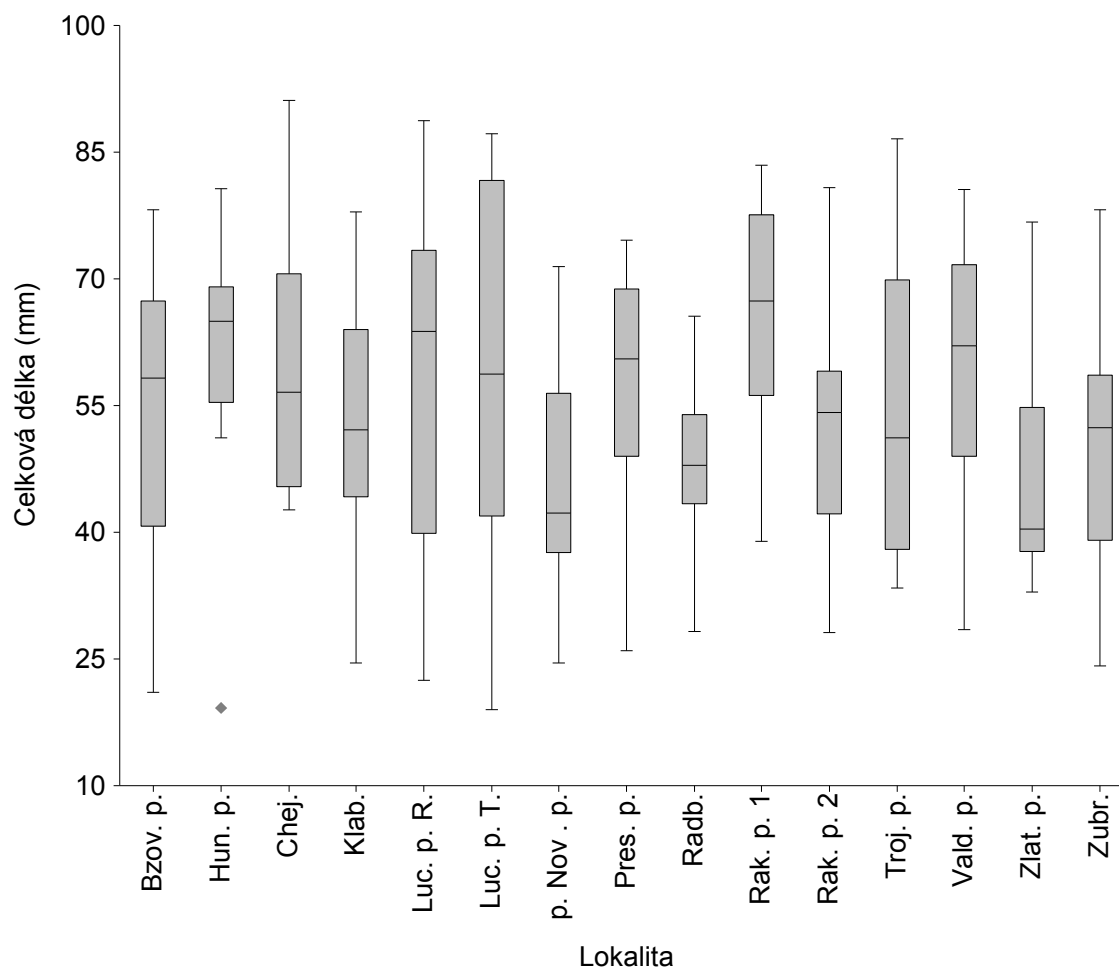
Největší zaznamenaná velikost těla u samice byla 90,8 mm, a to na Lučním potoce v Rudníku. Průměrná délka těla všech samic byla 50,95 mm (SD = 14,88). Analýza variance neprokázala rozdíl v délkové struktuře u samic mezi jednotlivými populacemi (Kruskal Wallis ANOVA, H = 12,957; P = 0,53).





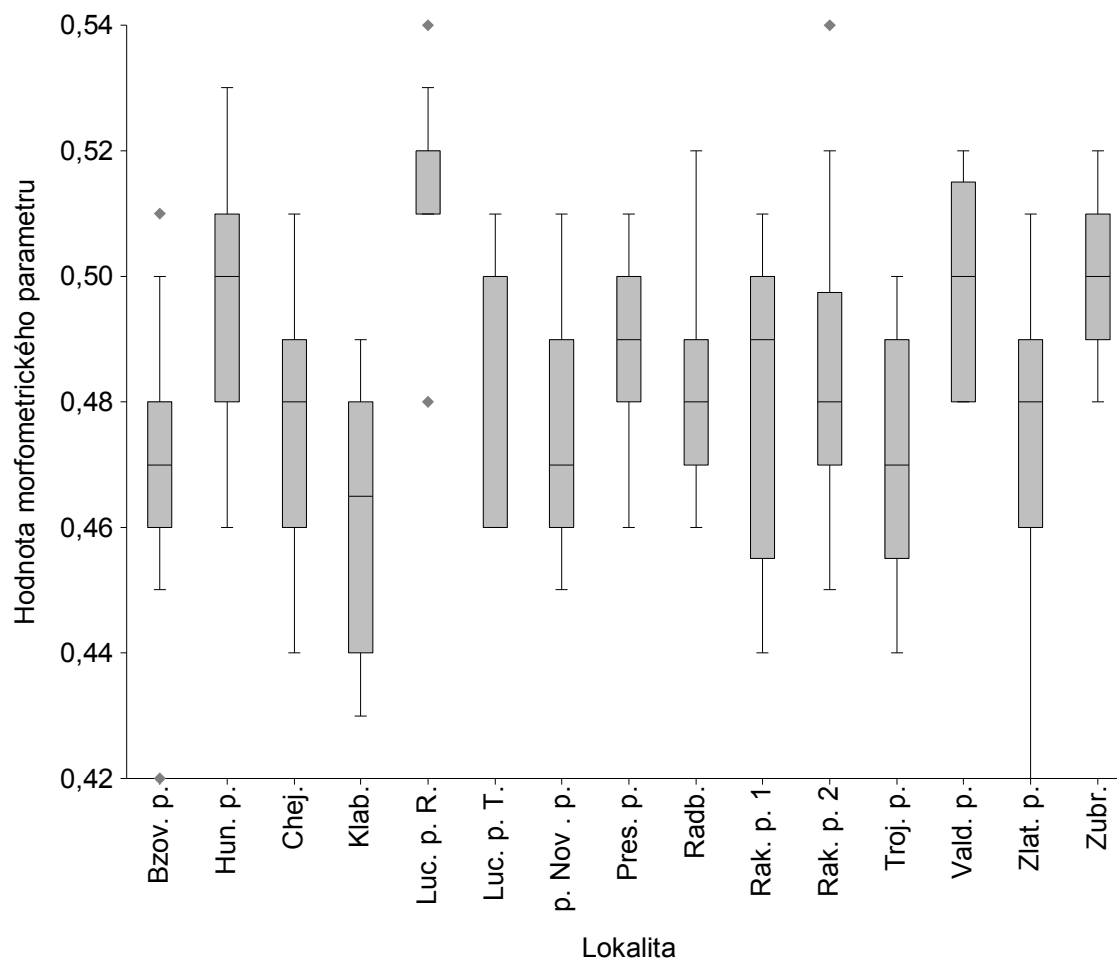
Obr. 5 Porovnání celkové délky těla u samic (TL) v milimetrech na sledovaných lokalitách.

Největší zaznamenaná velikost těla u samce byla 91,1 mm a to na Chejlavě. Průměrná délka těla všech samců byla 55,05 mm (SD = 15,76). Analýza variance prokázala rozdíl v délkové struktuře u samců mezi jednotlivými populacemi (Kruskal Wallis ANOVA,  $H = 32,194$ ;  $P = 0,004$ ). Při porovnání délkové struktury pomocí Z - testu se nejvíce od ostatních lišily ( $Z > 1,9600$ ) populace na přítoku Novosedlského potoka (p. Nov. p., významná odlišnost od 8 populací ze 14), Zlatém potoce (Zlat. p., významná odlišnost od 6 populací ze 14), Radbuze (Radb., významná odlišnost od 6 populací ze 14), Rakovském potoce v horní části (Rak. p. 1, významná odlišnost od 5 populací ze 14) a Zubřině (Zubr., významná odlišnost od 5 populací ze 14).



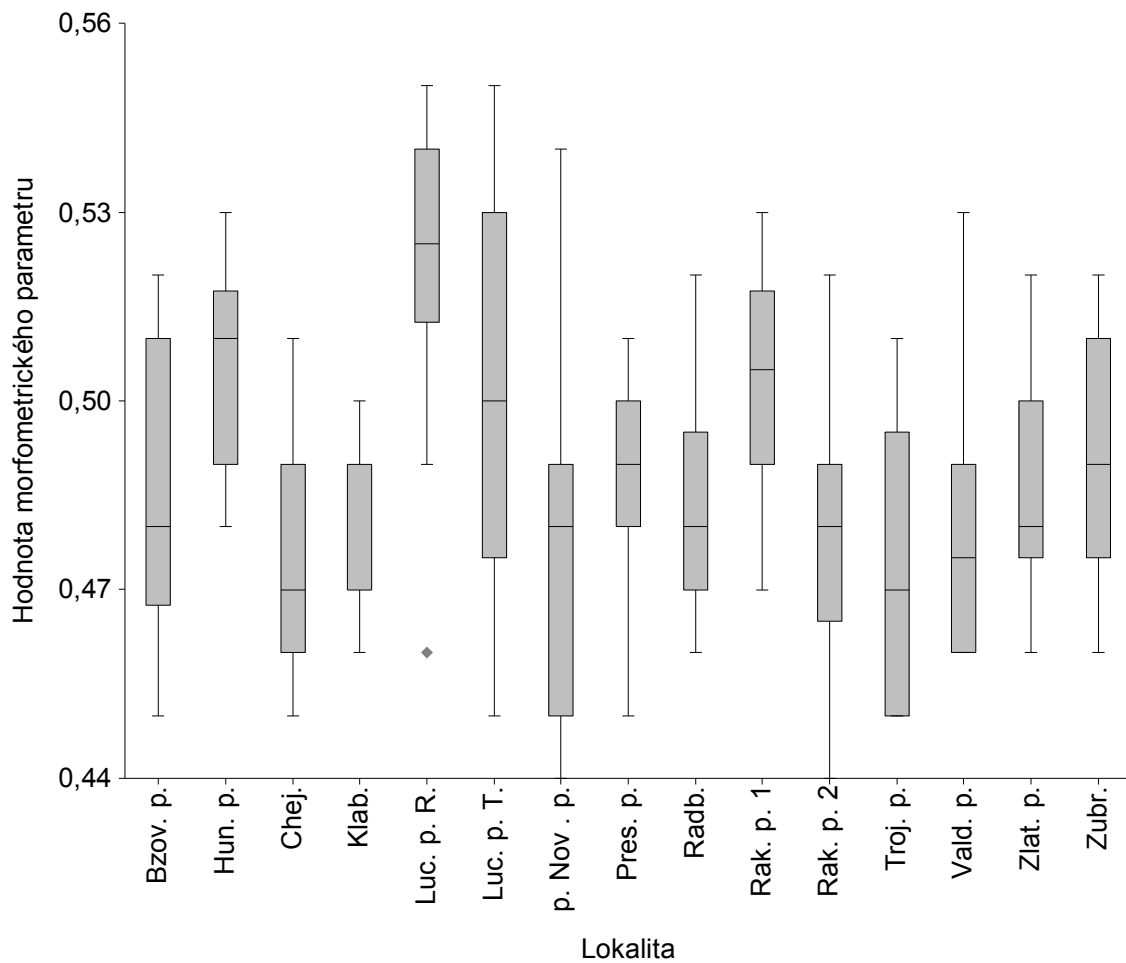
Obr. 6 Porovnání celkové délky těla u samců (TL) v milimetrech na sledovaných lokalitách.

Při porovnání poměrů šířky a délky karapaxu samic (CW/CL) byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (ANOVA,  $F = 6,5$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se vyskytla řada rozdílů mezi lokalitami. Nejvýrazněji se od ostatních sledovaných populací odlišovali jedinci na Lučním potoce v Rudníku (Luc. p. R., 9 populací ze 14). Dále se lišili jedinci z Klabavy (Klab., významná odlišnost od 5 populací ze 14), Zubřiny (Zubr., významná odlišnost od 4 populací ze 14) a Bzovského potoka (Bzov. p., významná odlišnost od 3 populací ze 14).



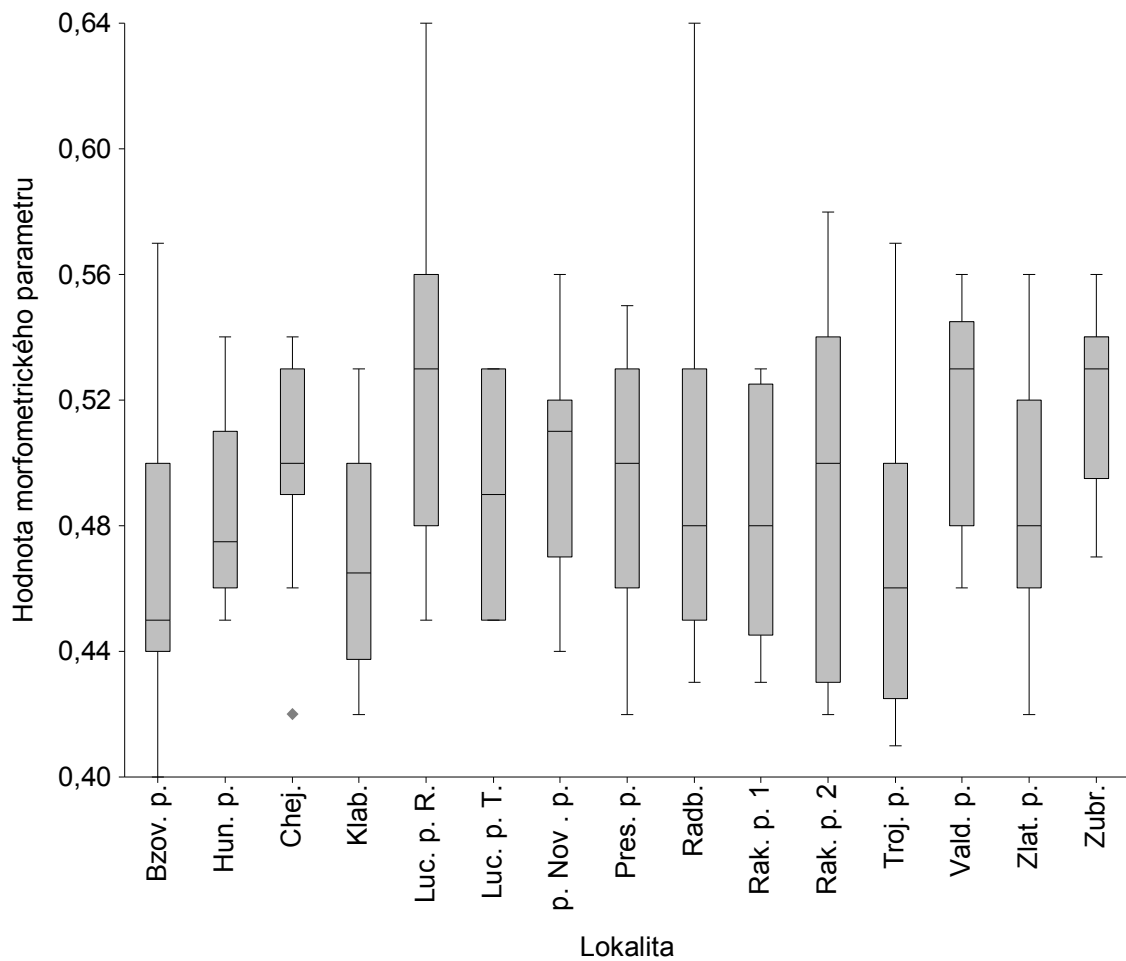
Obr. 7 Porovnání poměru šířky karapaxu ku délce karapaxu (CW/CL) u samic na sledovaných lokalitách.

Při porovnání poměrů šířky a délky karapaxu samců (CW/CL) byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (ANOVA,  $F = 6,97$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se vyskytla řada rozdílů mezi lokalitami. Nejvýrazněji se od ostatních odlišovali jedinci na Lučním potoce v Rudníku (Luc. p. R., významná odlišnost od 11 populací ze 14). Dále se lišili jedinci na Huníkovském potoce (Hun. p., významná odlišnost od 4 populací ze 14), Lučním potoce v Třebušíně (Luc. p. T., významná odlišnost od 3 populací ze 14), Klabavě (Klab., významná odlišnost od 3 populací ze 14), přítoku Novosedleckého potoka (p. Nov. p., významná odlišnost od 3 populací ze 14) a na Trojhorském potoce (Troj. p., významná odlišnost od 3 populací ze 14).



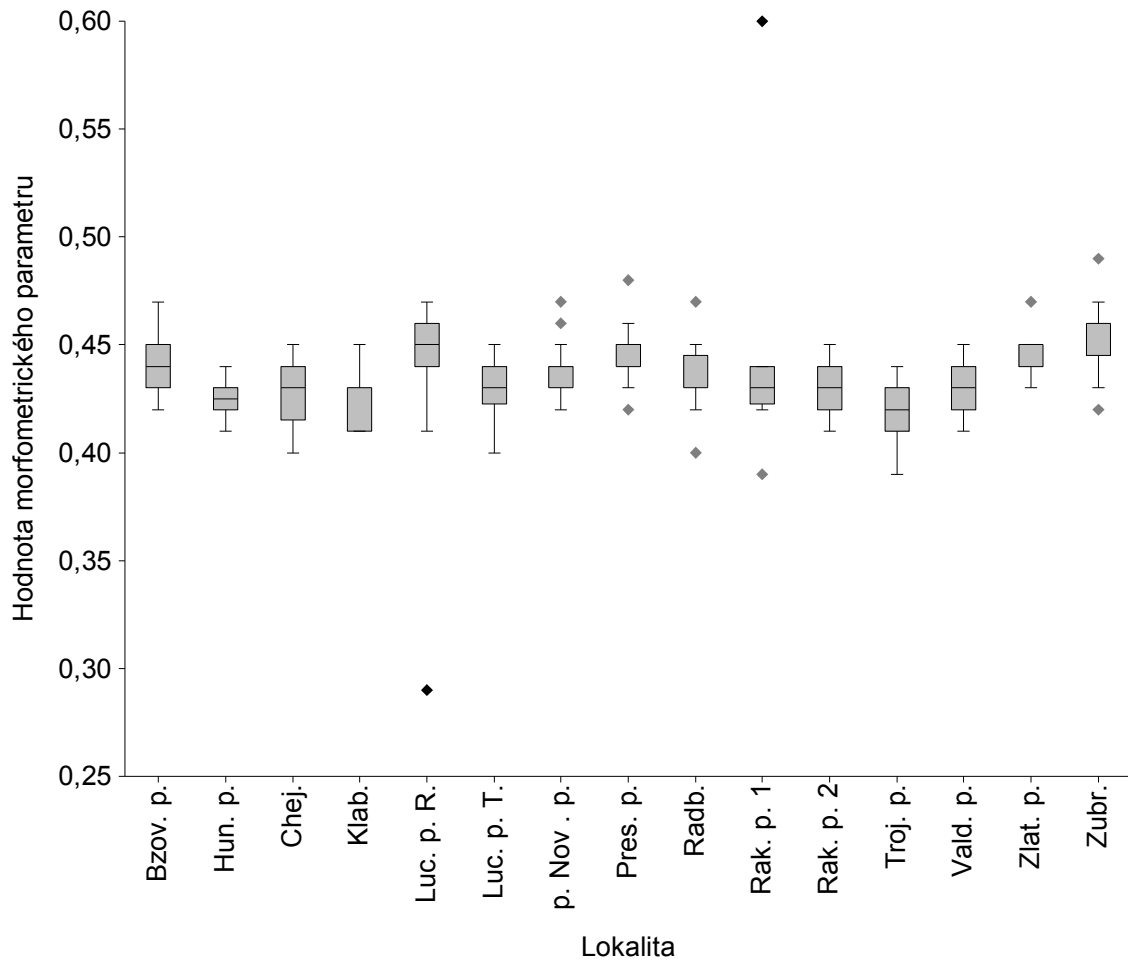
Obr. 8 Porovnání poměru šířky karapaxu ku délce karapaxu (CW/CL) u samců na sledovaných lokalitách.

Při porovnání poměrů šířky zadečku ku délce karapaxu (AW/CL) samic byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (ANOVA,  $F = 2,57$ ;  $P = 0,002$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se vyskytlo několik rozdílů mezi lokalitami. Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly populace na Klabavě (Klab., významná odlišnost od 2 populací ze 14) a Lučným potoce v Rudníku (Luc. p. R., 2 populací ze 14).



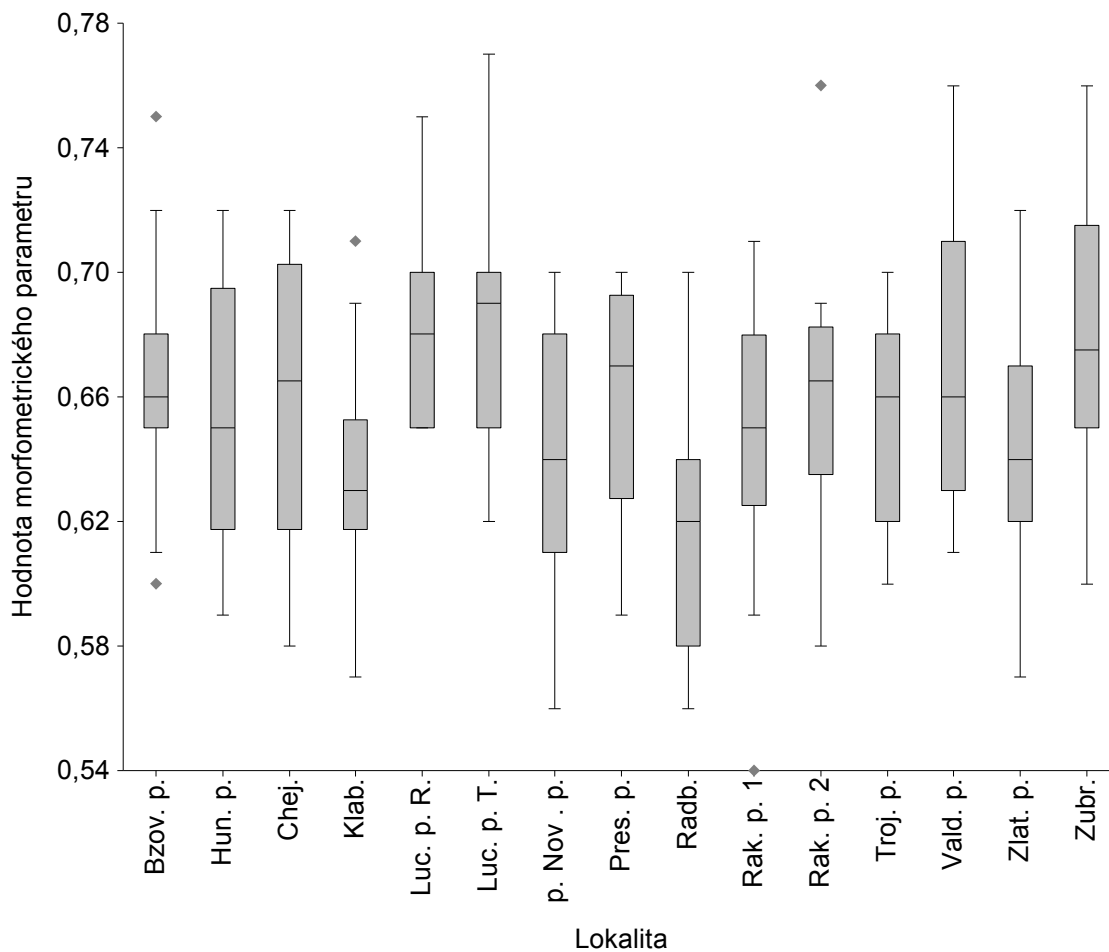
Obr. 9 Porovnání poměru šířky zadečku ku délce karapaxu (AW/CL) u samic na sledovaných lokalitách.

Při porovnání poměrů šířky zadečku ku délce karapaxu (AW/CL) samců byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (ANOVA,  $F = 3,46$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se vyskytlo mezi jednotlivými populacemi několik rozdílů. Nejvýrazněji se od ostatních odlišovala populace na Zubřině (Zubr., významná odlišnost od 4 populací ze 14).



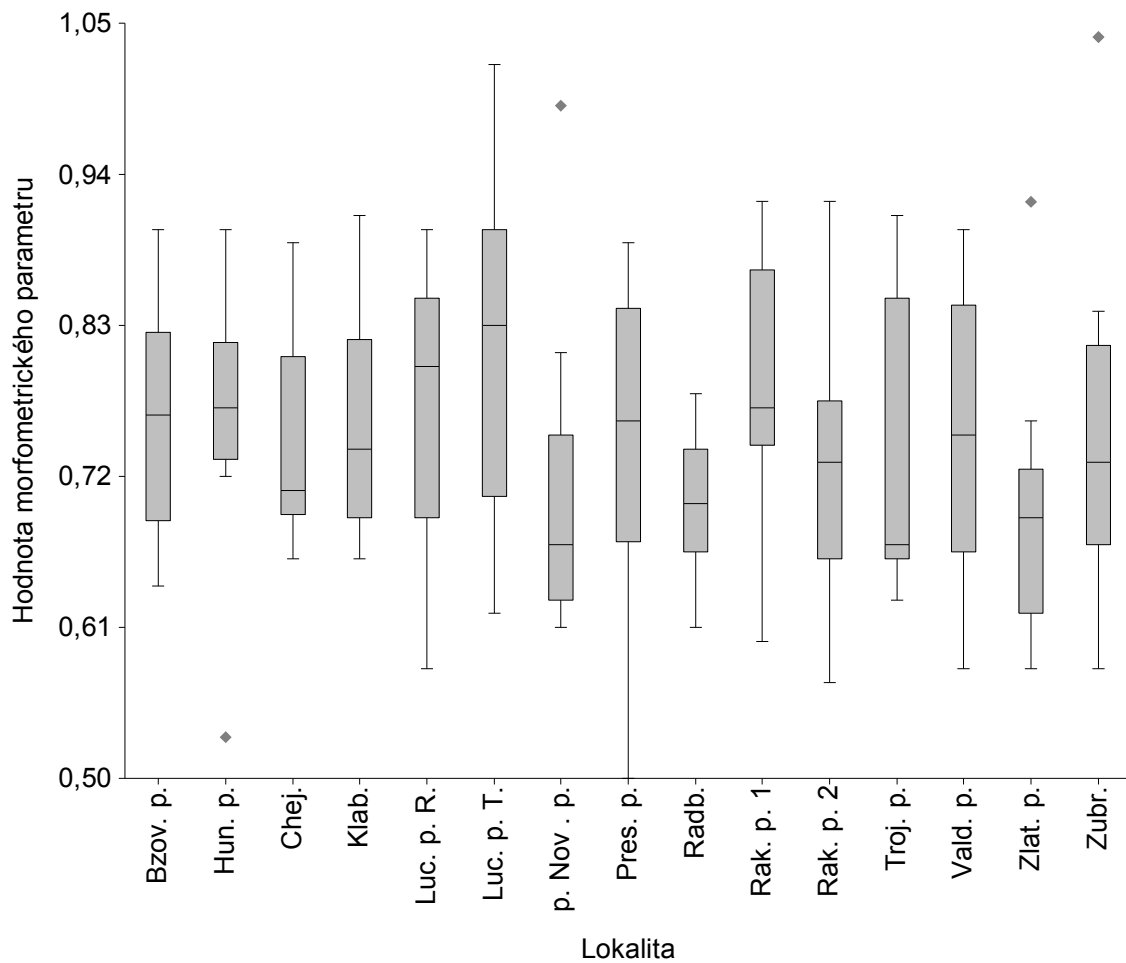
Obr. 10 Porovnání poměru šířky zadečku ku délce karapaxu (AW/CL) u samců na sledovaných lokalitách.

Při porovnání poměrů délky klepet ku délce karapaxu (CheL/CL) samic byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami ( ANOVA,  $F = 2,58$ ;  $P = 0,002$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se vyskytlo několik rozdílů mezi lokalitami. Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly populace na Radbuze (Radb., významná odlišnost od 3 populací ze 14) a Zubřině (Zubr., významná odlišnost od 2 populací ze 14).



Obr. 11 Porovnání poměru délky klepet ku délce karapaxu (CheL/CL) u samic na sledovaných lokalitách.

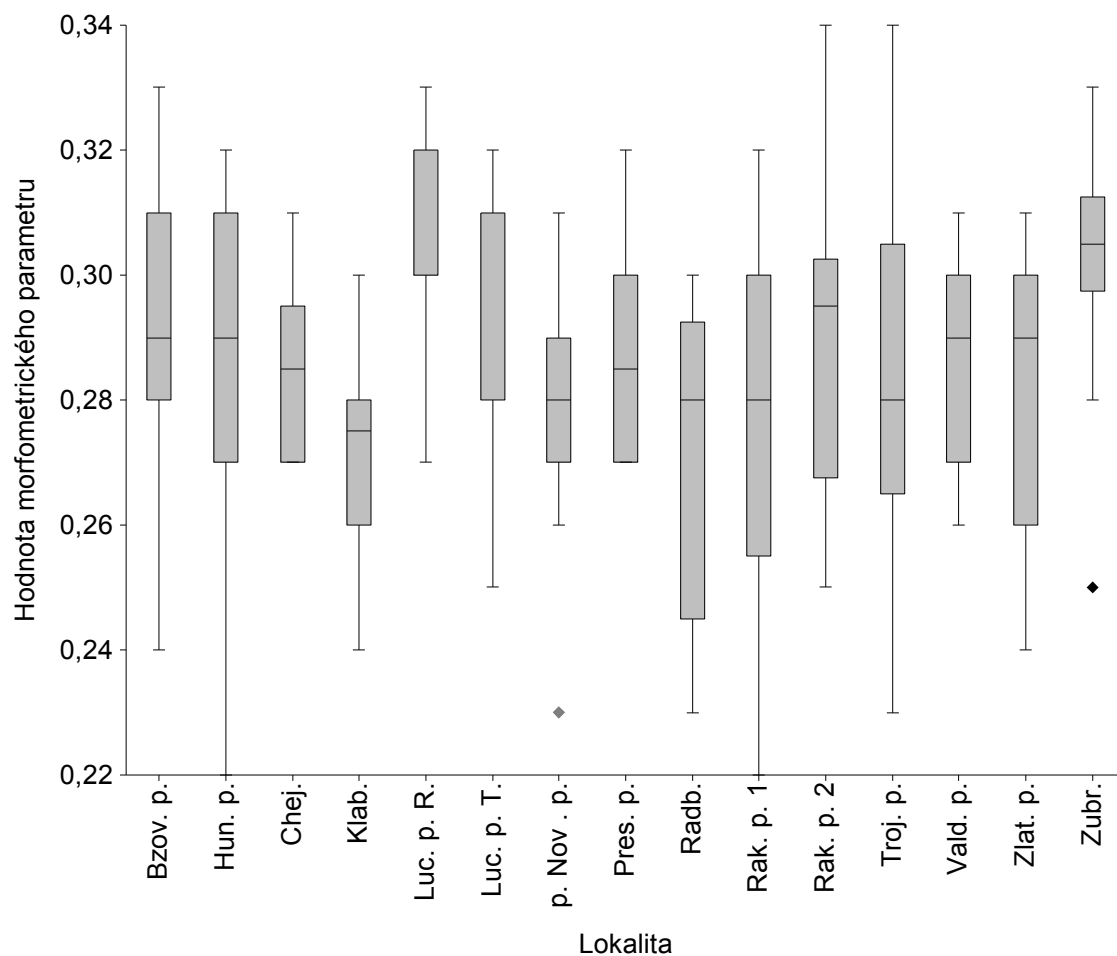
Při porovnání poměrů délky klepet ku délce karapaxu (CheL/CL) samců byl zjištěn průkazný rozdíl mezi populacemi na sledovaných lokalitách ( ANOVA,  $F = 1,98$ ;  $P = 0,02$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se od sebe odlišovaly pouze populace na Radbuze a Lučním potoce v Třebušíně.



Obr. 12 Porovnání poměru délky klepet ku délce karapaxu (CheL/CL) u samic na sledovaných lokalitách.

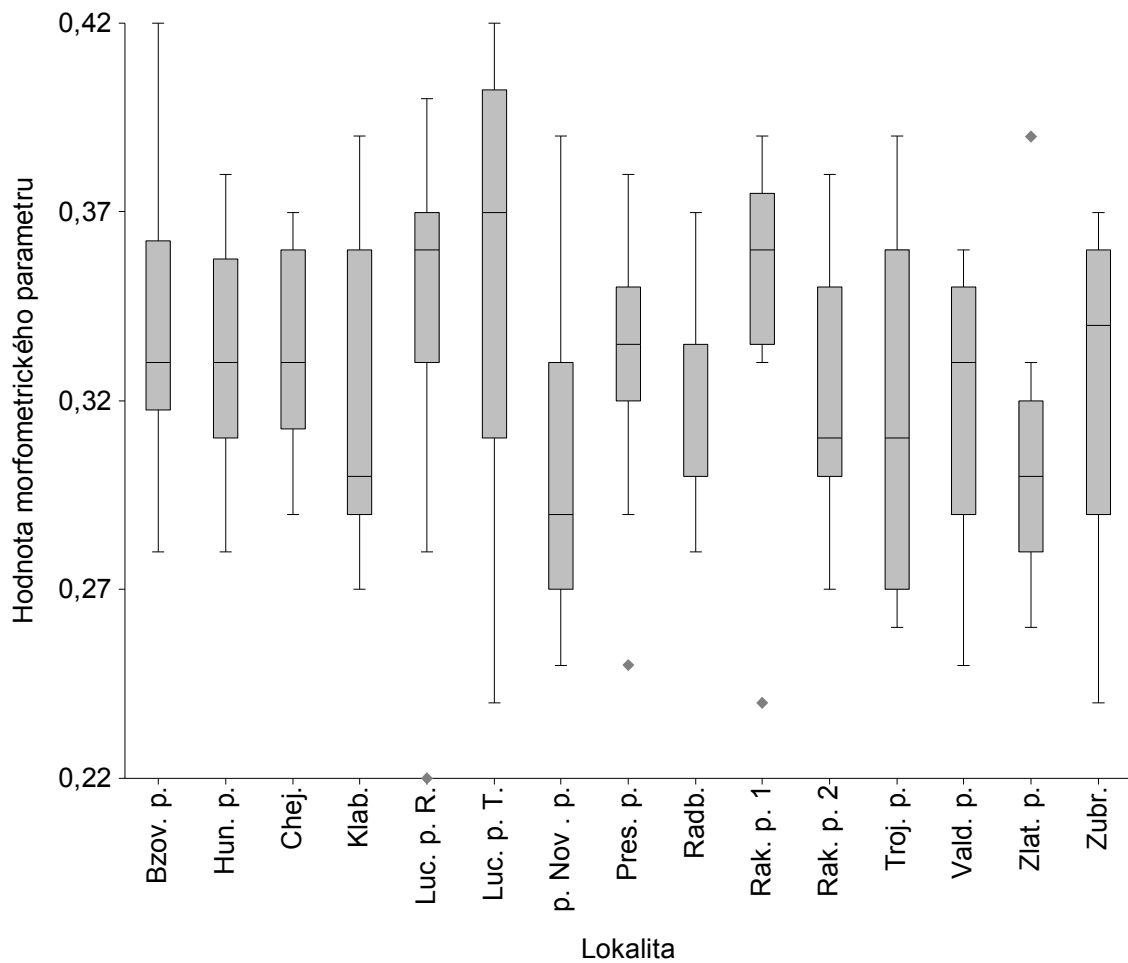
Při porovnání poměrů šířky klepet ku délce karapaxu (CheW/CL) samic byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (ANOVA,  $F = 3,13$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se vyskytla řada rozdílů mezi lokalitami. Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly populace na Lučním potoce v Rudníku (Luc. p. R., významná odlišnost od 3 populací ze 14), Zubřině (Zubr., významná odlišnost od 2 populací ze 14), Radbuze (Radb., významná odlišnost od 2 populací ze 14) a Klabavě (Klab., významná odlišnost od 2 populací ze 14).





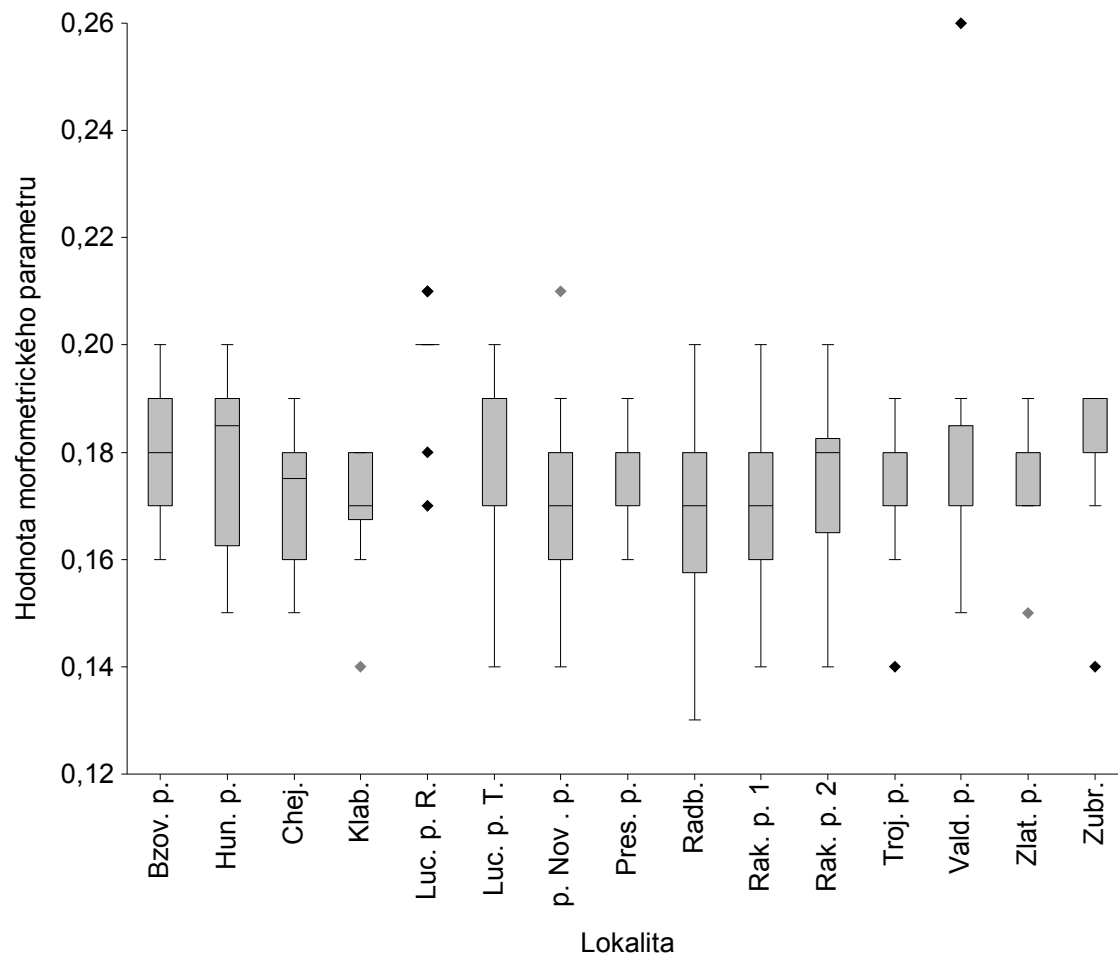
Obr. 13 Porovnání poměru šířky klepet ku délce karapaxu (CheW/CL) u samic na sledovaných lokalitách.

Při porovnání poměrů šířky klepet ku délce karapaxu (CheL/CL) samců byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (ANOVA,  $F = 2,3$   $P = 0,006$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se od sebe odlišovaly pouze populace na přítoku Novosedlského potoka a Lučním potoce v Třebušíně.



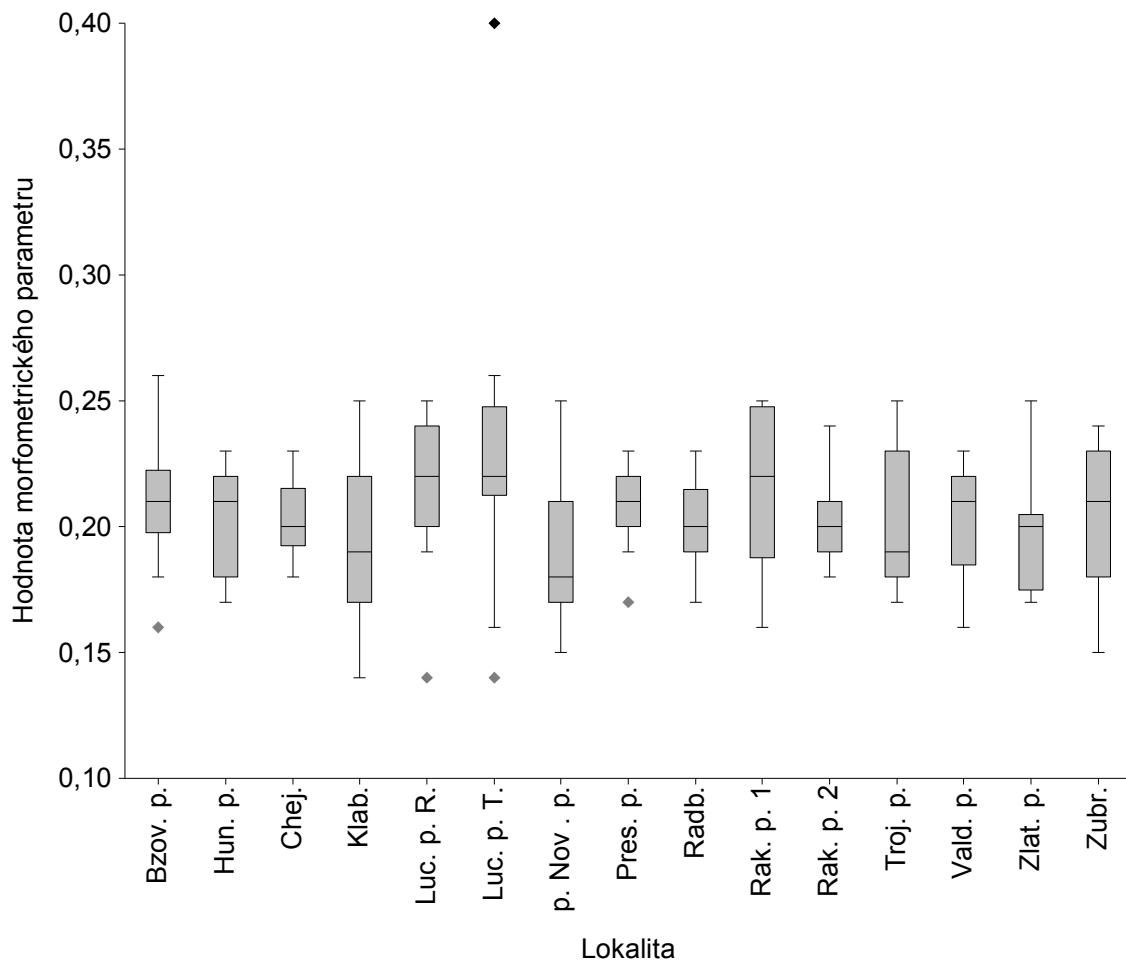
Obr. 14 Porovnání poměru šířky klepet ku délce karapaxu (CheW/CL) u samců na sledovaných lokalitách.

Při porovnání poměrů výšky klepet ku délce karapaxu (CheH/CL) samic byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (ANOVA,  $F = 2,83$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se vyskytlo několik rozdílů mezi lokalitami. Nejvýrazněji se od ostatních odlišovala populace na Lučním potoce v Rudníku (Luc. p. R., významná odlišnost od 8 populací ze 14).



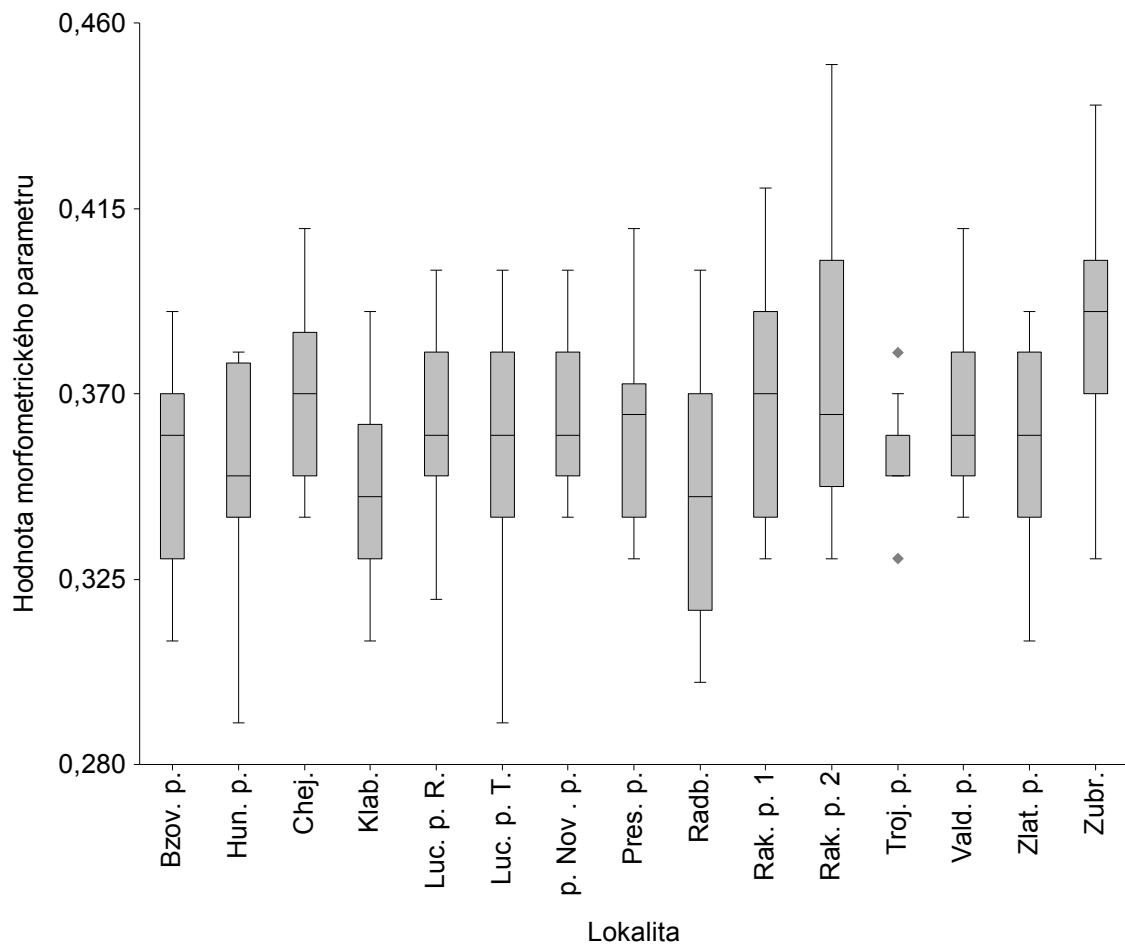
Obr. 15 Porovnání poměru výšky klepet ku délce karapaxu (CheH/CL) u samic na sledovaných lokalitách.

Při porovnání poměrů výšky klepet ku délce karapaxu (CheH/CL) samců byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami ( ANOVA,  $F = 1,85$ ;  $P = 0,034$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se od sebe odlišovaly pouze populace na přítoku Novosedlského potoka a na Lučním potoce v Třebušíně.



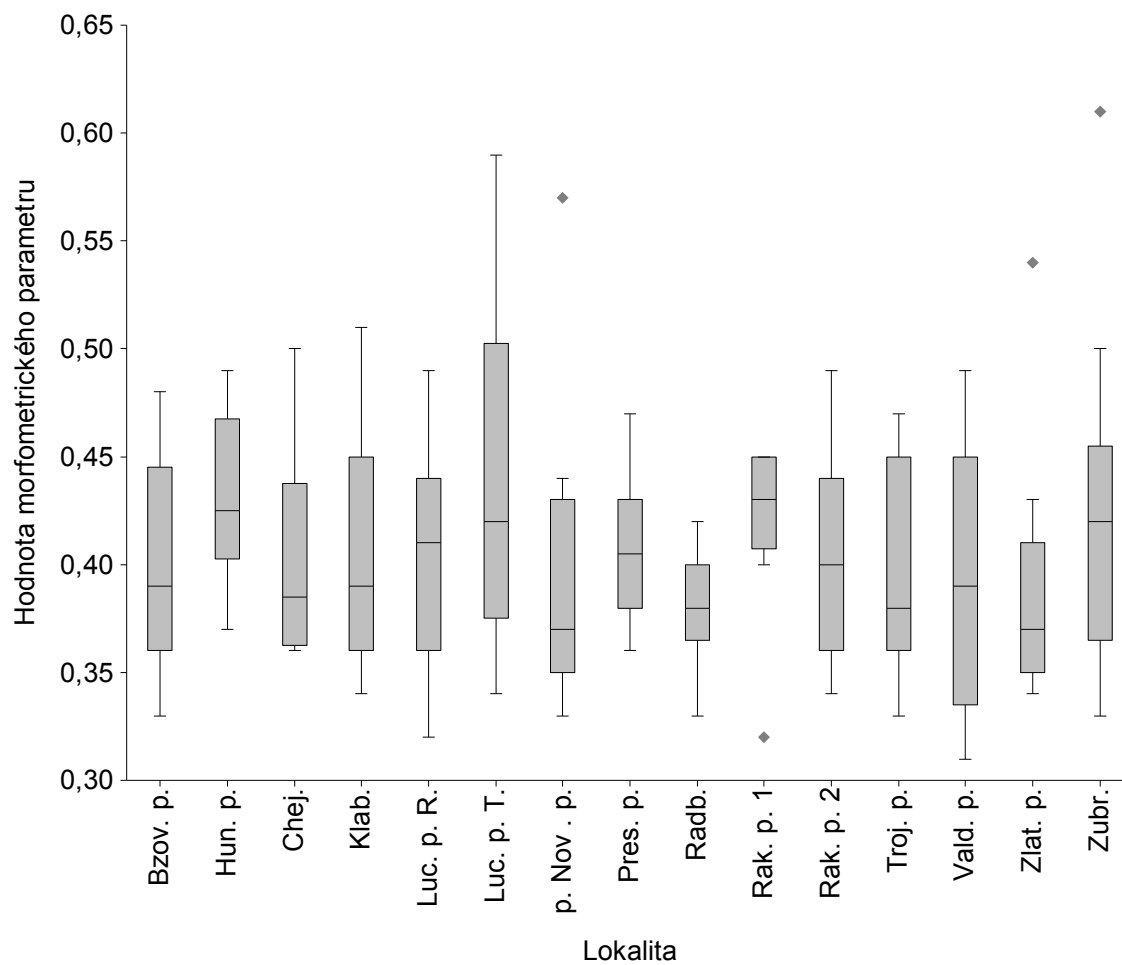
Obr. 16 Porovnání poměru výšky klepet ku délce karapaxu (CheH/CL) u samců na sledovaných lokalitách.

Při porovnání poměrů délky pohyblivého prstu klepeta ku délce karapaxu (CheFL/CL) samic byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (ANOVA,  $F = 3,8$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se vyskytlo několik rozdílů mezi lokalitami. Nejvýrazněji se od ostatních odlišovala populace na Zubřině (Zubr., významná odlišnost od 6 populací ze 14).



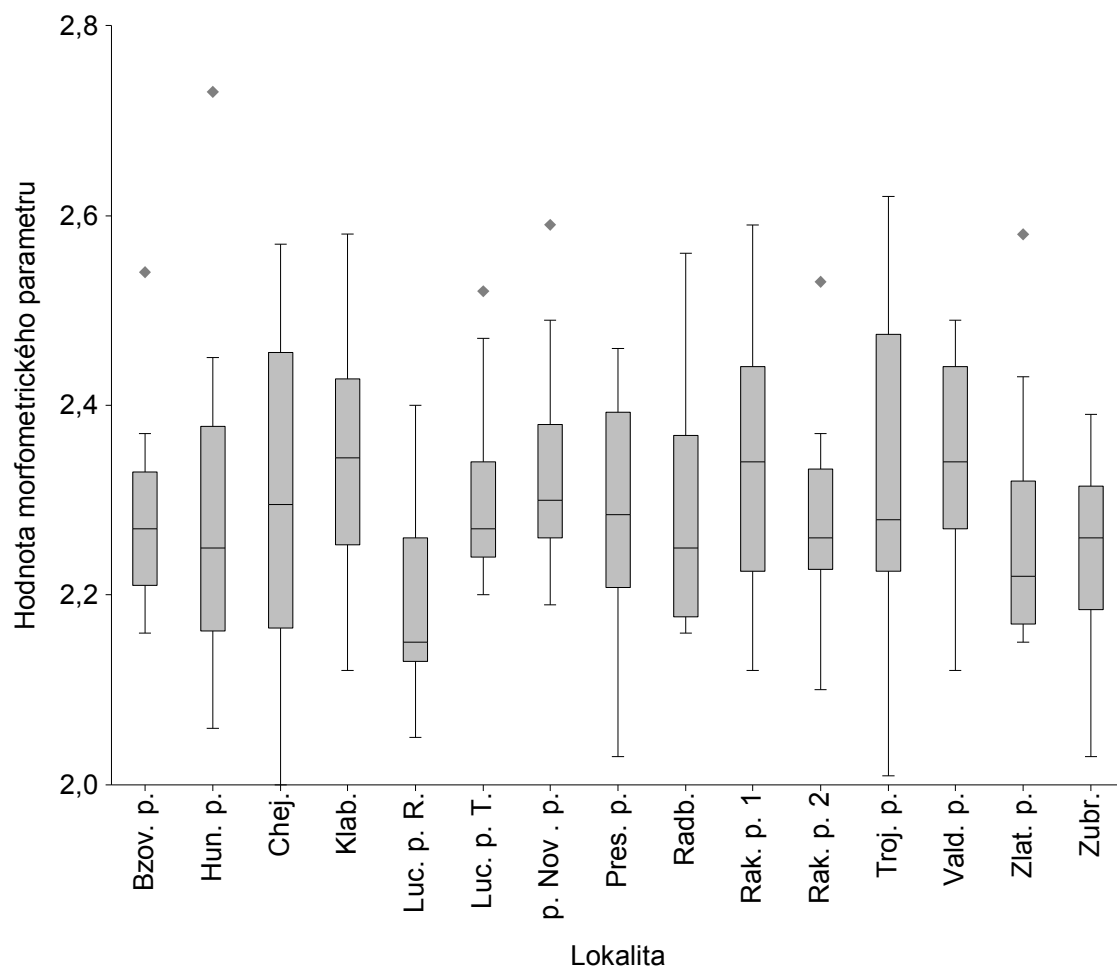
Obr. 17 Porovnání poměru délky pohyblivého prstu klepeta ku délce karapaxu (CheFL/CL) u samic na sledovaných lokalitách.

Při porovnání poměrů délky pohyblivého prstu klepeta ku délce karapaxu (CheFL/CL) samců nebyl zjištěn průkazný rozdíl mezi lokalitami ( ANOVA,  $F = 1,21$ ;  $P = 0,271$ ).



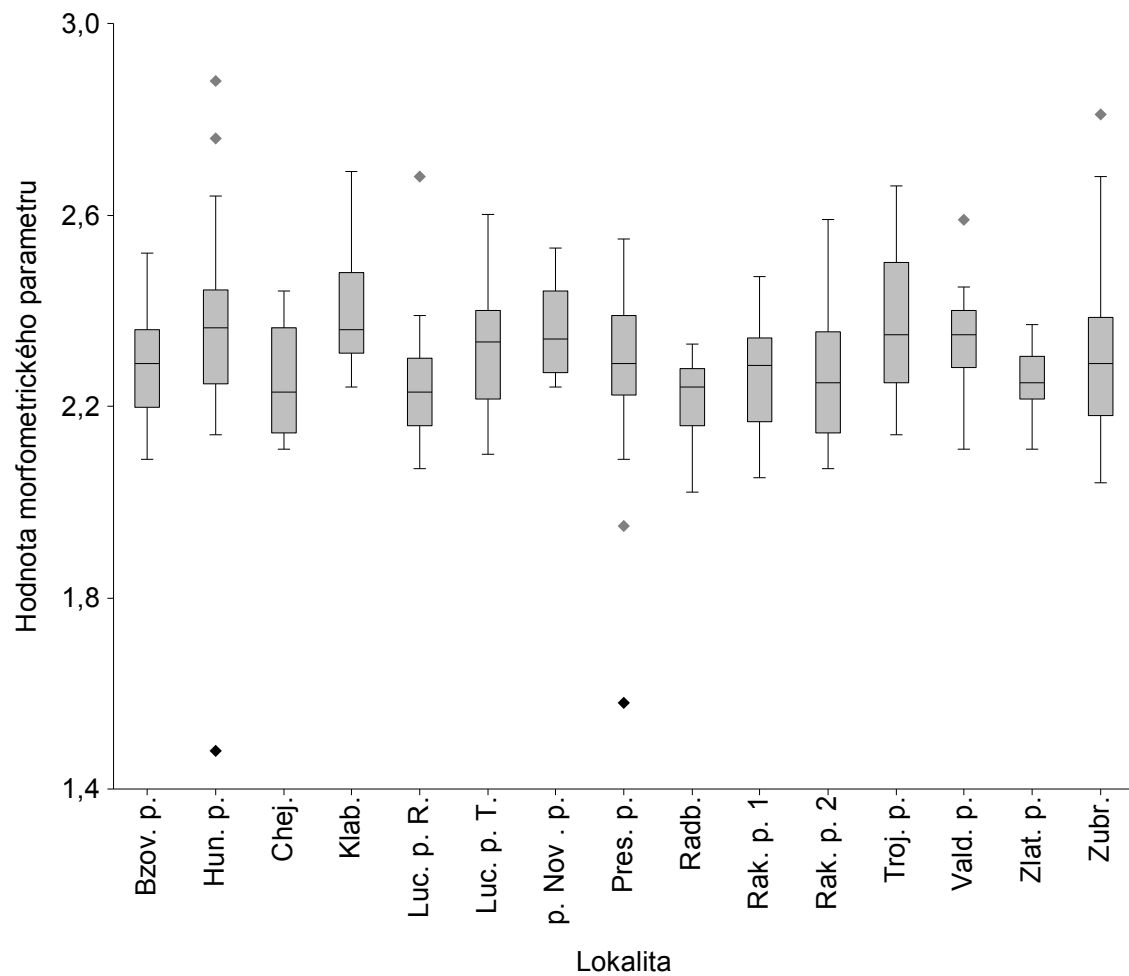
Obr. 18 Porovnání poměru délky pohyblivého prstu klepeta ku délce karapaxu (CheFL/CL) u samců na sledovaných lokalitách.

Při porovnání poměru délky klepet ku jejich šířce (CheL/CheW) u samic na sledovaných lokalitách nebyl zjištěn rozdíl mezi lokalitami ( ANOVA,  $F = 1,26$ ;  $P = 0,234$ ).



Obr. 19 Porovnání poměru délky klepet ku jejich šířce (CheL/CheW) u samic na sledovaných lokalitách.

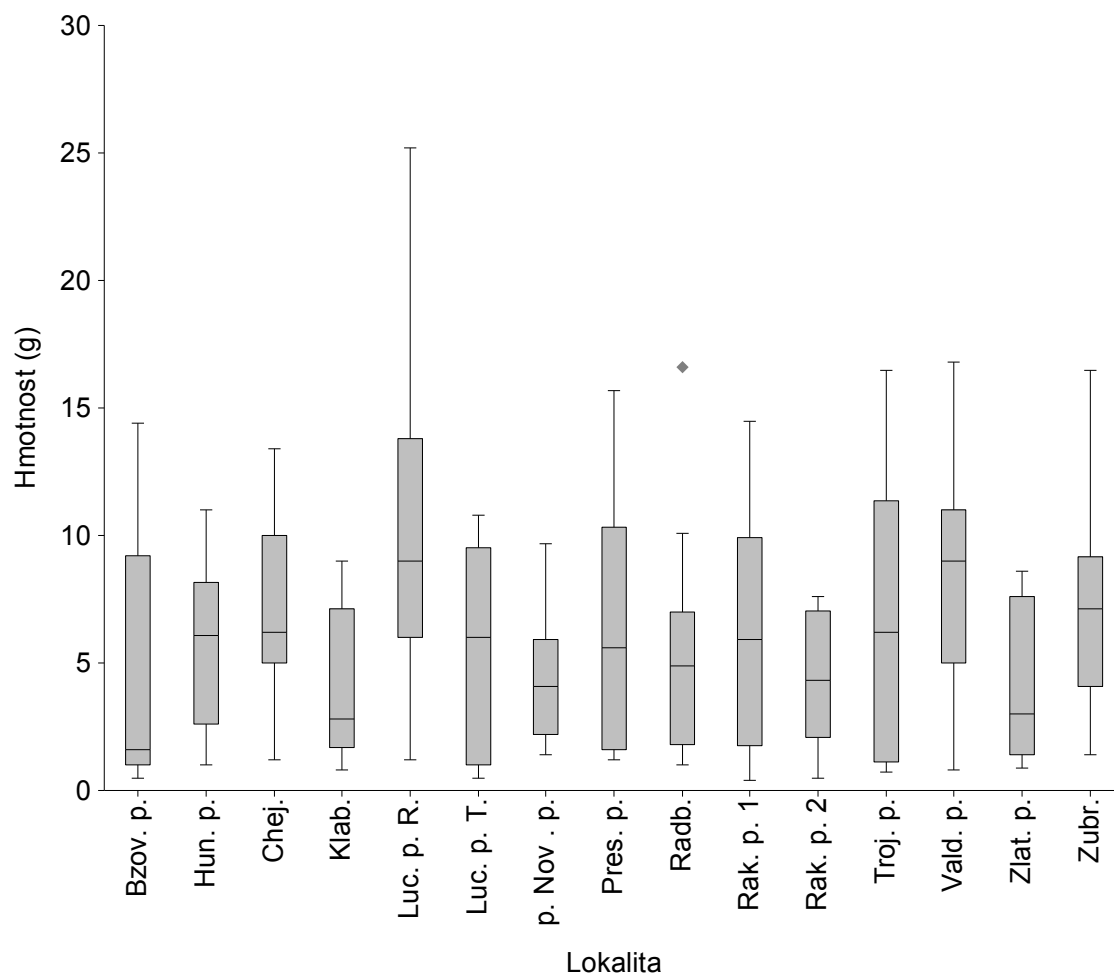
Při porovnání poměru délky klepet ku jejich šířce (CheL/CheW) u samců na sledovaných lokalitách nebyl zjištěn rozdíl mezi lokalitami ( ANOVA,  $F = 1,41$ ;  $P = 0,15$ ).



Obr. 20 Porovnání poměru délky klepeta ku jejich šířce (CheL/CheW) u samců na sledovaných lokalitách.

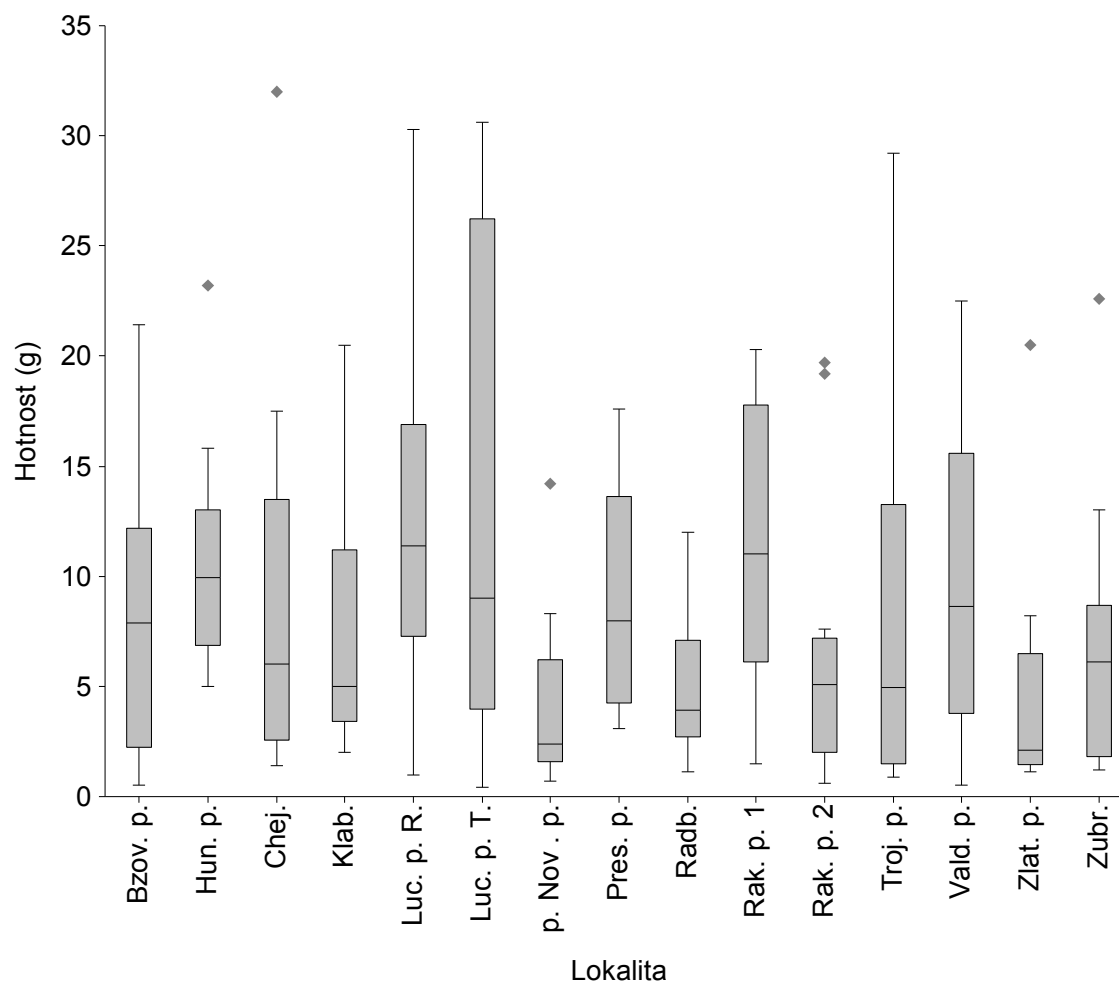
Při porovnání hmotnosti samic na sledovaných lokalitách byl zjištěn rozdíl mezi lokalitami (ANOVA,  $F = 1,88$ ;  $P = 0,031$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se mezi sebou lišily pouze populace na Lučním potoce v Rudníku a Klabavě.





Obr. 21 Porovnání hmotnosti samic na sledovaných lokalitách.

Při porovnání hmotnosti samců na sledovaných lokalitách byl zjištěn rozdíl mezi lokalitami ( ANOVA,  $F = 2,52$ ;  $P = 0,002$ ). Při použití Tukey-Kramerova testu se odlišovaly populace na přítoku Novosedlského potoka a Radbuze od populace na Lučním potoce v Třebušíně.

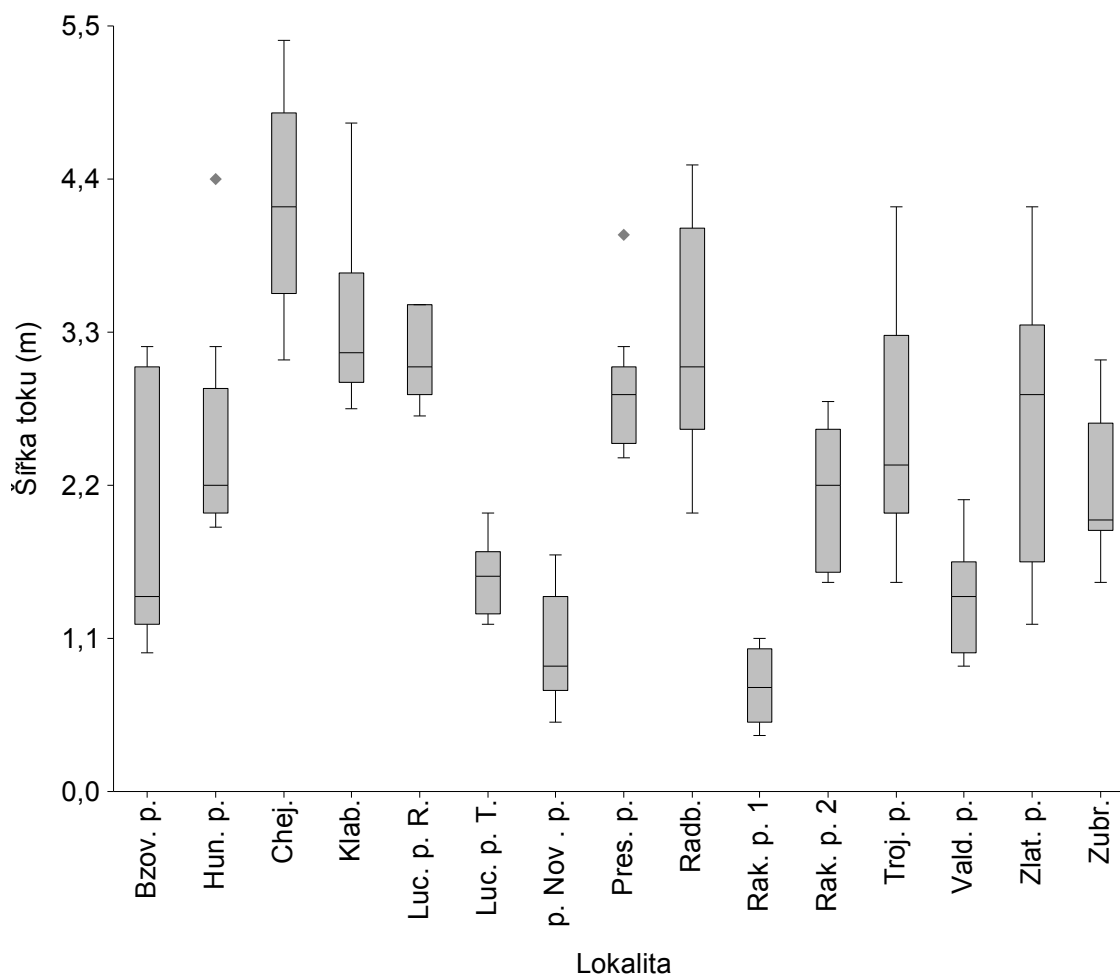


Obr. 22 Porovnání hmotnosti samců na sledovaných lokalitách.

#### 4.2 Parametry prostředí

Při porovnání šířky koryta toku byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 105,29$  ;  $P < 0,001$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních lokalit odlišovaly přítok Novosedlského potoka (p. Nov. p., významná odlišnost od 11 lokalit ze 14), Chejlava (Chej., významná odlišnost od 11 lokalit ze 14), Rakovský potok (Rak. p. 1, významná odlišnost od 11 lokalit ze 14), Valdecký potok (Vald. p., významná odlišnost od 8 lokalit ze 14), Luční potok v Třebušíně (Luc. p. T., významná odlišnost od 8 lokalit ze 14), Radbuza (Radb., významná odlišnost od 7 lokalit ze 14), Bzovský potok (Bzov. p., významná odlišnost od 7 lokalit ze 14), Klabava (Klab., významná odlišnost od 7 lokalit ze 14), Luční potok v Rudníku (Luc. p. R., významná odlišnost od 7 lokalit ze 14), Přešínský

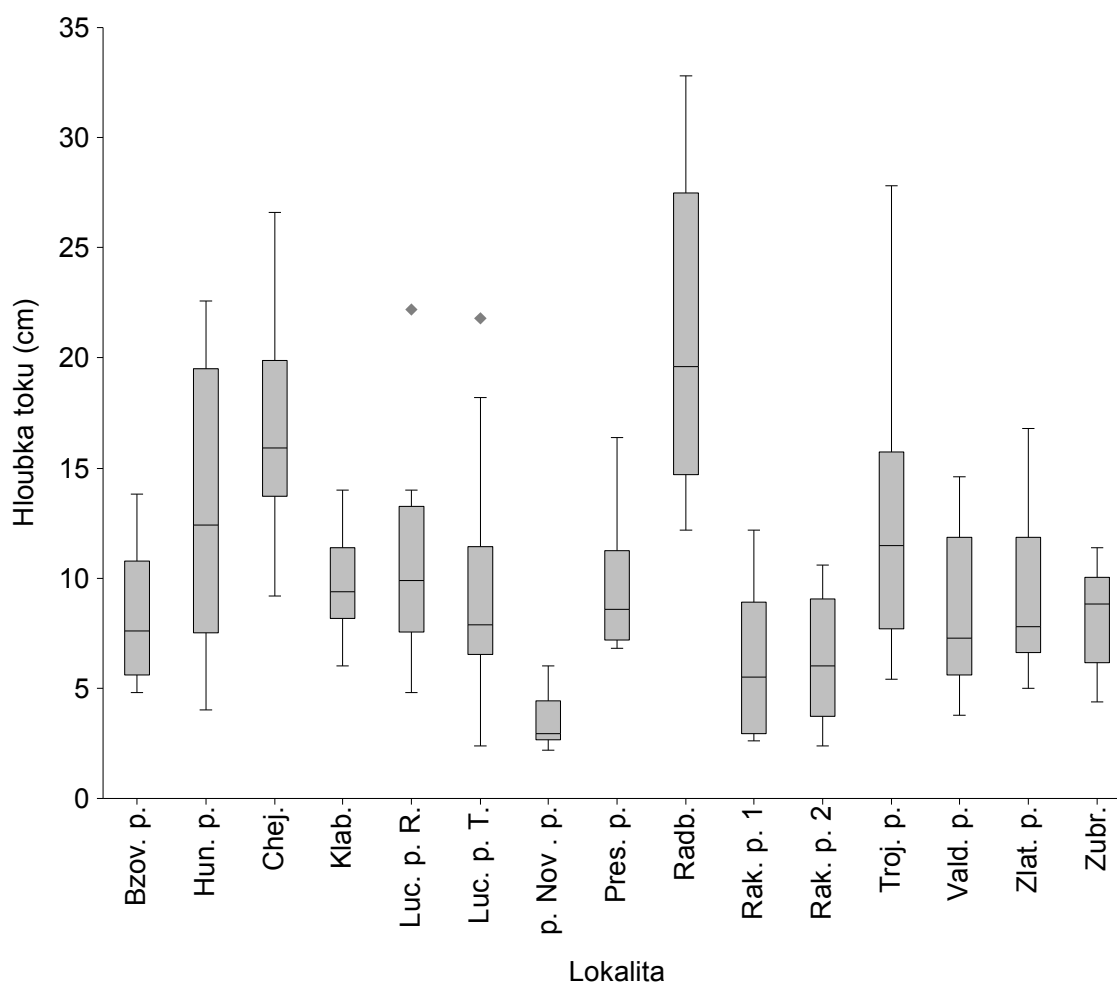
potok (Pres. p., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Rakovský potok (Rak. p. 2, významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Zubřina (Zubr., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Zlatý potok (Zlat. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14), Trojhorský potok (Troj. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14) a Huníkovský potok (Hun. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).



Obr. 23 Porovnání šířky koryta toku na sledovaných lokalitách.

Při porovnání průměrné hloubky koryta toku byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 69,868$  ;  $P < 0,001$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních lokalit odlišovaly přítok Novosedlského potoka (p. Nov. p., významná odlišnost od 12 lokalit ze 14), Radbuza (Radb., významná odlišnost od 12 lokalit ze 14), Chejlava (Chej., významná odlišnost od 11 lokalit ze 14), Rakovský potok (Rak. p. 1, významná odlišnost

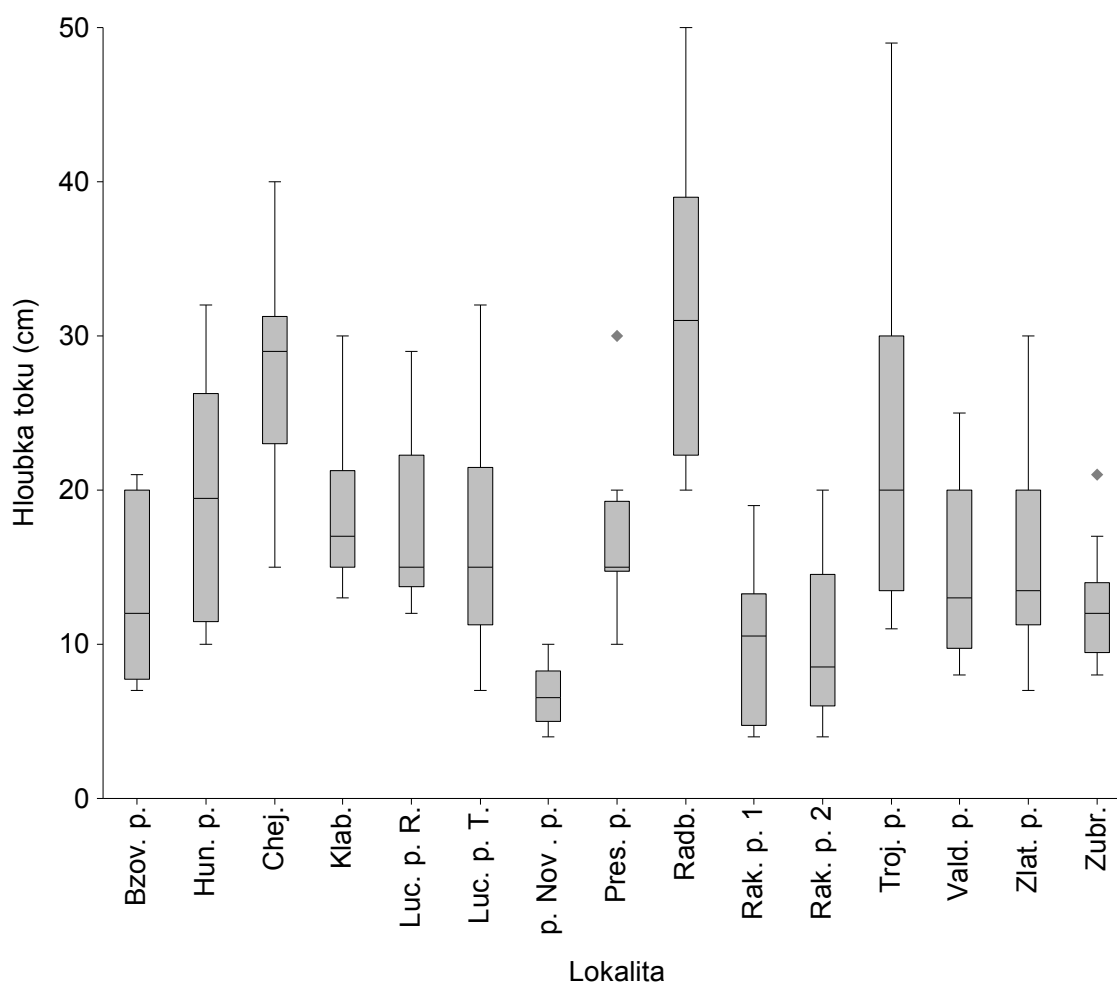
od 6 lokalit ze 14), Luční potok v Rudníku (Luc. p. R., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14) a Rakovský potok (Rak. p. 2, významná odlišnost od 5 lokalit ze 14 ).



Obr. 24 Porovnání průměrné hloubky koryta toku na sledovaných lokalitách.

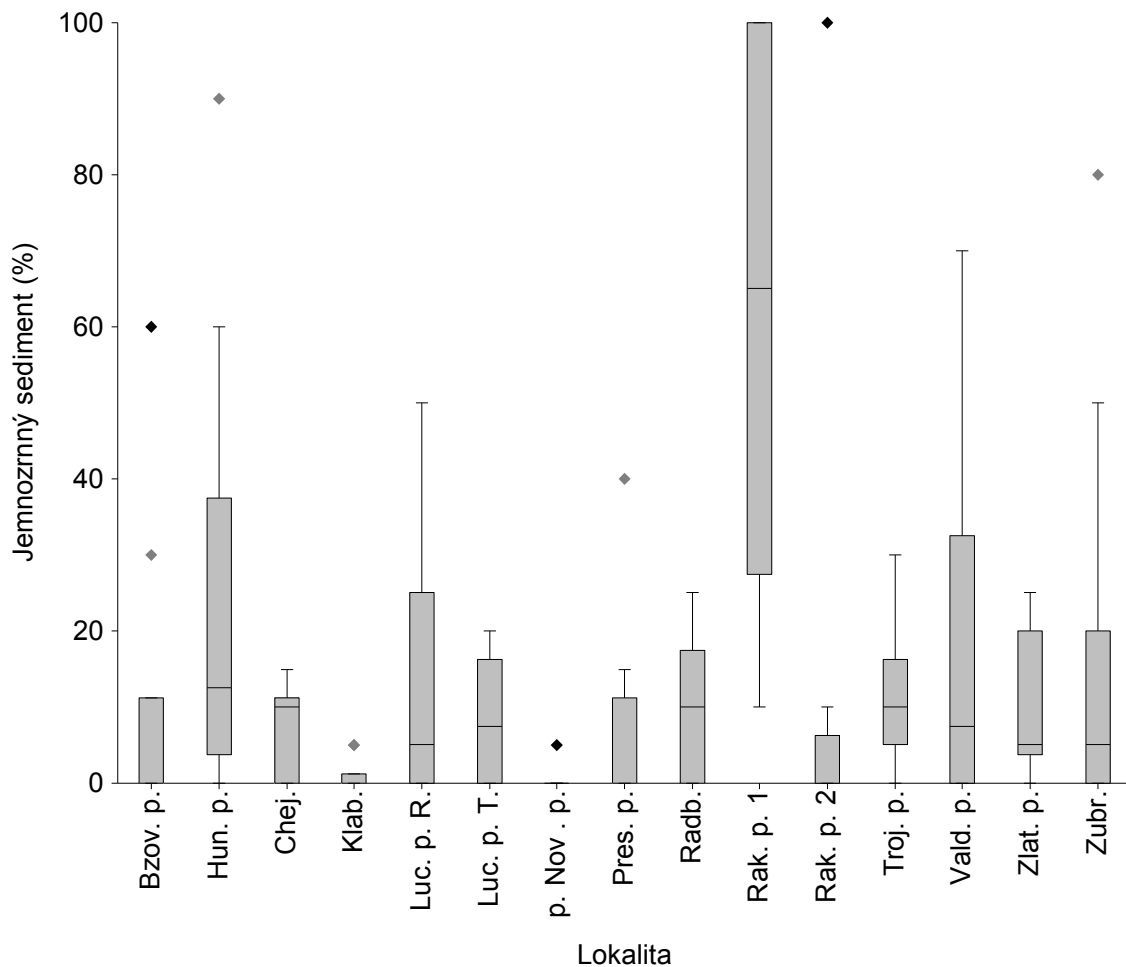
Při porovnání maximální hloubky koryta toku byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 75,237$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních lokalit odlišovaly přítok Novosedleckého potoka (p. Nov. p., významná odlišnost od 11 lokalit ze 14), Radbuza (Radb., významná odlišnost od 11 lokalit ze 14), Chejlava (Chej., významná odlišnost od 10 lokalit ze 14), Rakovský potok (Rak. p. 2, významná odlišnost od 7 lokalit ze 14), Rakovský potok (Rak. p. 1, významná odlišnost od 7 lokalit ze 14), Zubřina (Zubr., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Luční potok v Rudníku (Luc. p. R.,

významná odlišnost od 5 lokalit ze 14), Přešínský potok (Pres. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14) a Trojhorský potok ( Troj. p. , významná odlišnost od 5 lokalit ze 14 ).



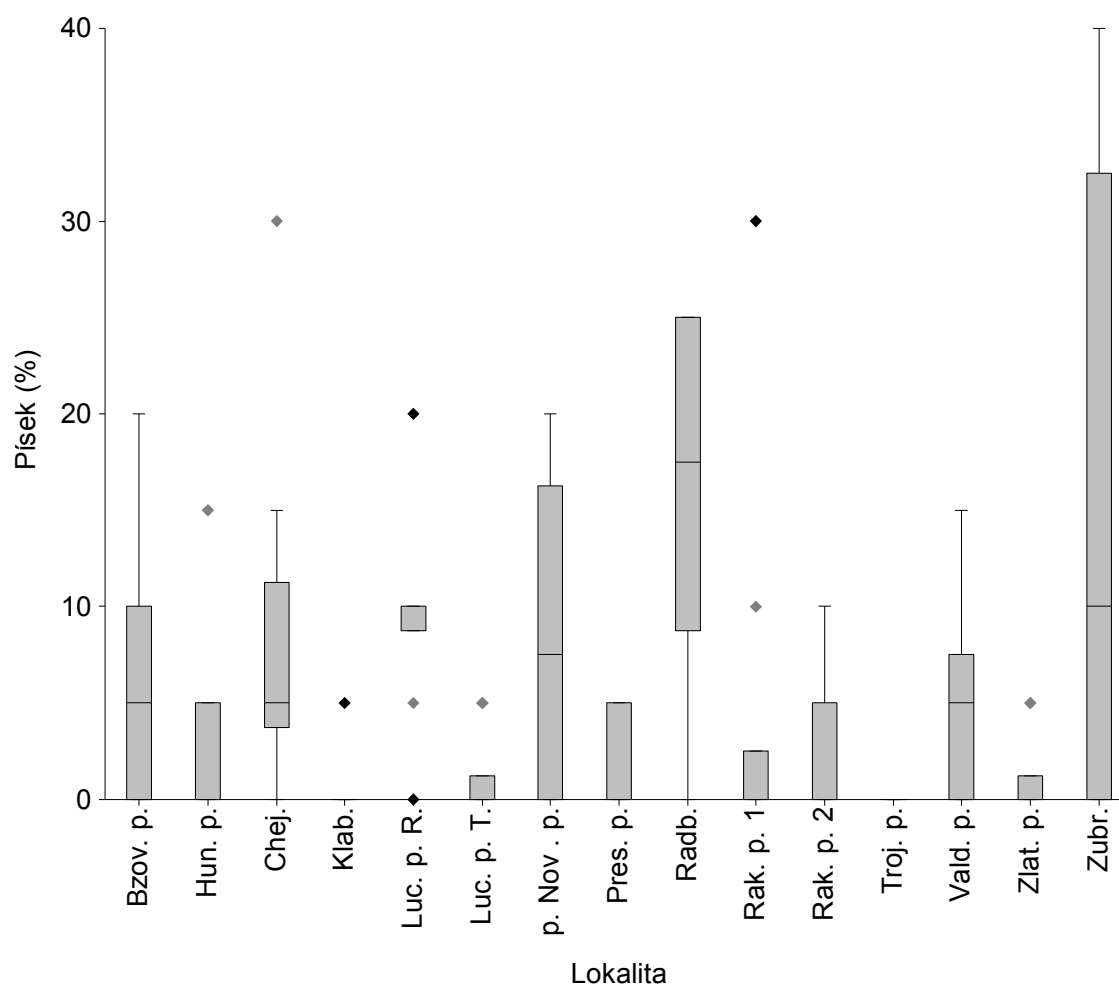
Obr. 25 Porovnání maximální hloubky koryta toku na sledovaných lokalitách.

Při porovnání zastoupení jenzrných sedimentů byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 43,955$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly Rakovský potok ( Rak. p. 1, významná odlišnost od 14 lokalit ze 14), přítok Novosedlského potoka (p. Nov. p., významná odlišnost od 10 lokalit ze 14), Klabava (Klab., významná odlišnost od 8 lokalit ze 14) a Huníkovský potok (Hun. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).



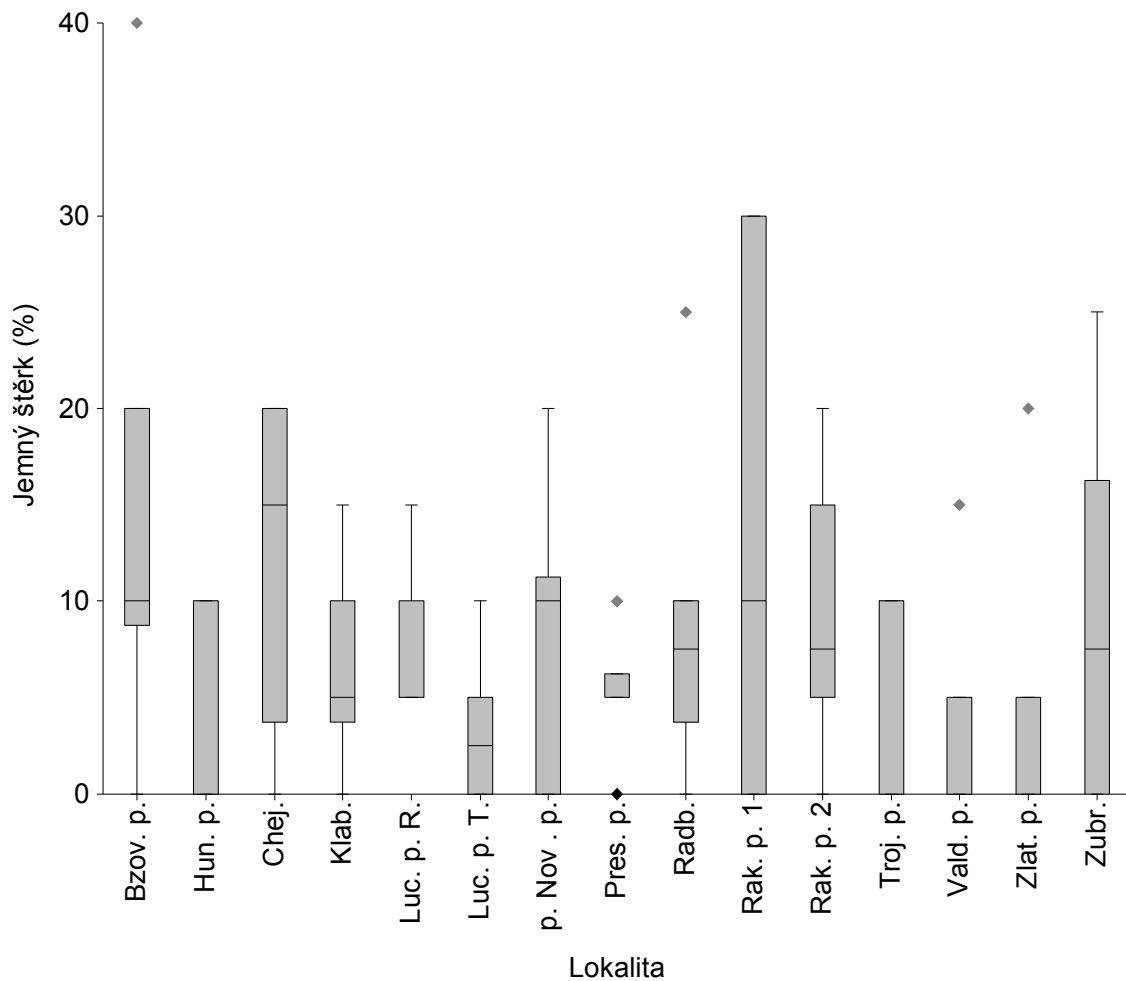
Obr. 26 Zastoupení jemnozrných sedimentů na sledovaných lokalitách.

Při porovnání zastoupení písku v substrátu dna na sledovaných lokalitách byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 51,212$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly Radbuza (Radb., významná odlišnost od 9 lokalit ze 14), Klabava (Klab., významná odlišnost od 7 lokalit ze 14), Luční potok v Rudníku (Luc. p. R., významná odlišnost od 7 lokalit ze 14), Zubřina (Zubr., významná odlišnost od 7 lokalit ze 14), Trojhorský potok (Troj. p., významná odlišnost od 7 lokalit ze 14), Zlatý potok (Zlat. p., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Chejlava (Chej., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Luční potok v Třebušíně (Luc. p. R., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), přítok Novosedleckého potoka (p. Nov. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14) a Rakovský potok (Rak. p. 1, významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).



Obr. 27 Zastoupení písku v substrátu dna na sledovaných lokalitách

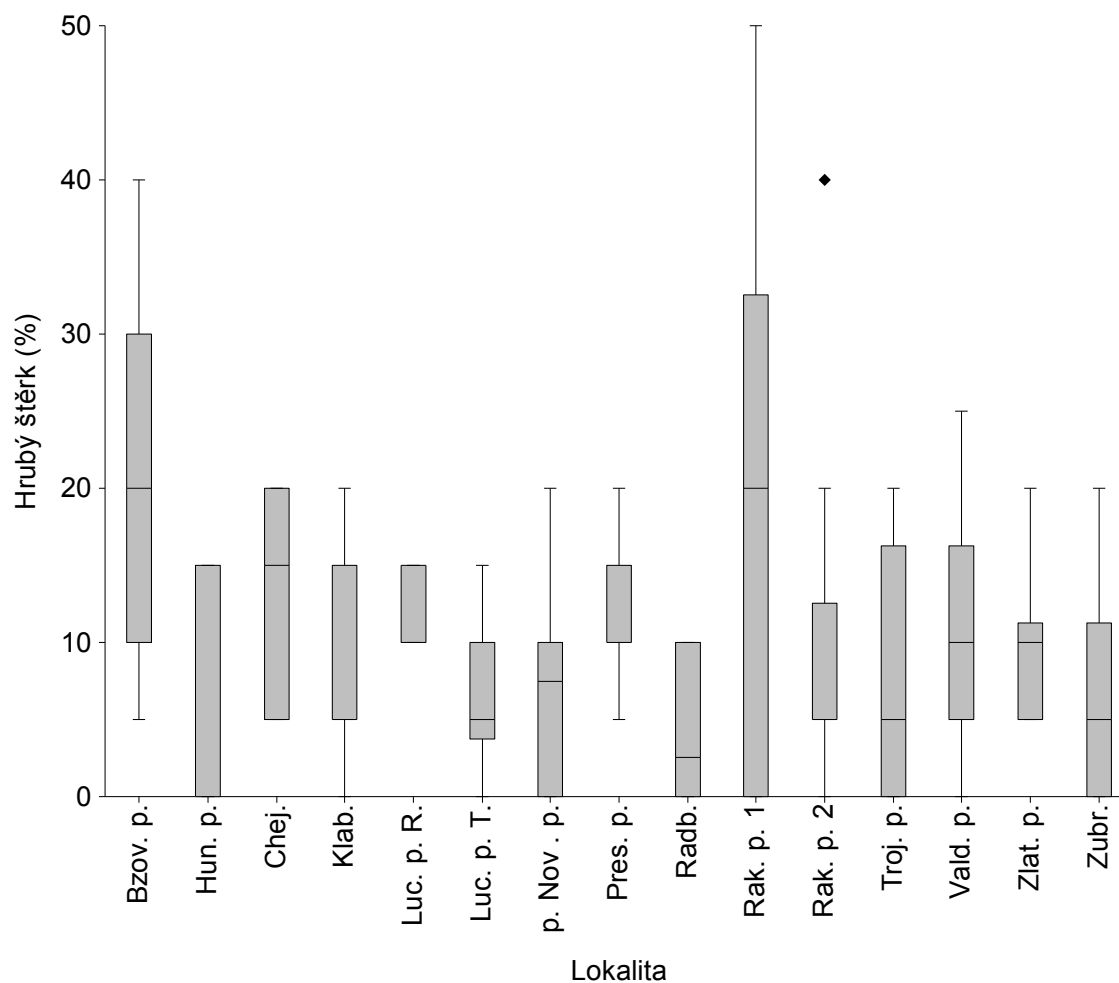
Při porovnání zastoupení jemného štěrku v substrátu dna byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 27,209$ ;  $P = 0,018$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly Valdecký potok (Vald. p., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Luční potok v Třebušíně (Luc. p. T., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Bzovský potok (Bzov. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14), Luční potok v Rudníku (Luc. p. R., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14) a Chejlava (Chej., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).



Obr. 28 Zastoupení jemného štěrku v substrátu dna na sledovaných lokalitách.

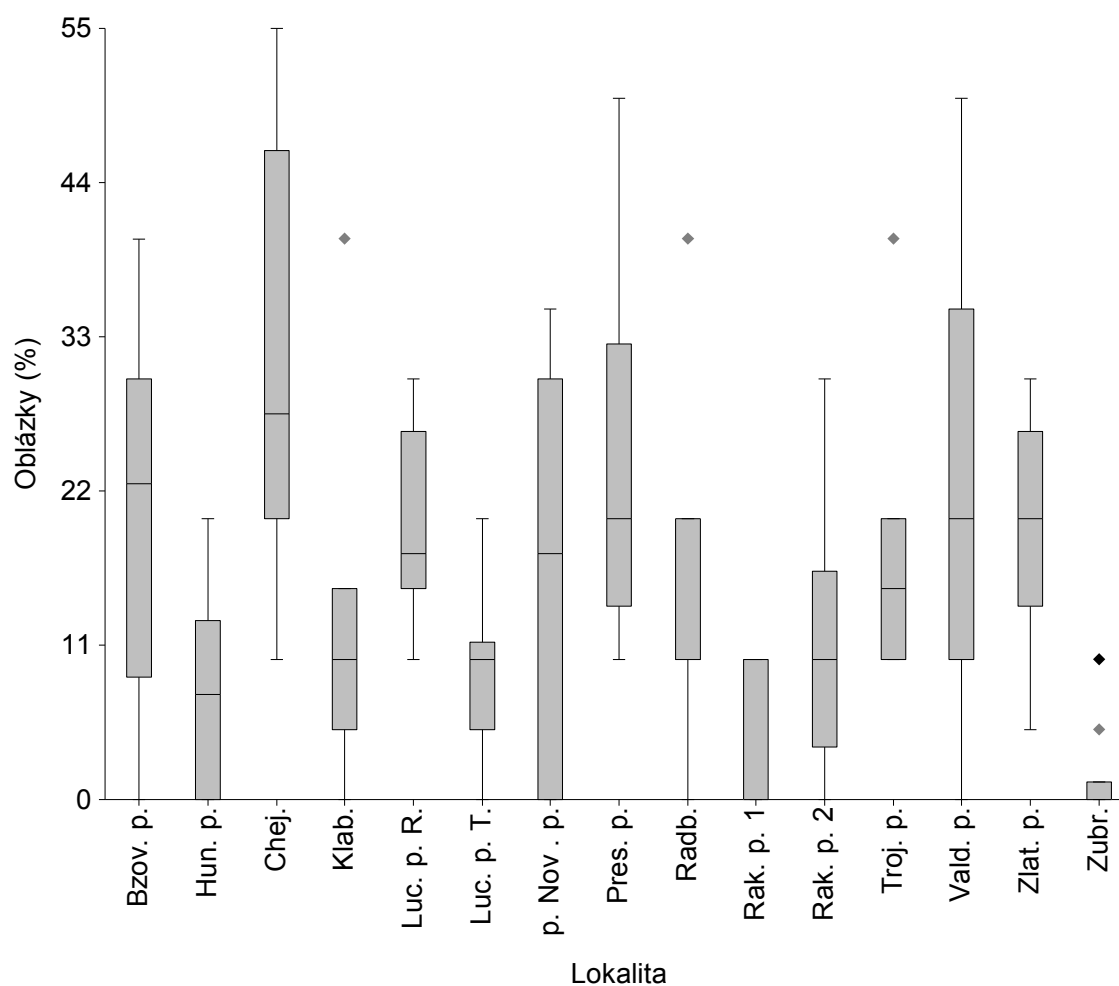
Při porovnání zastoupení hrubého štěrku v substrátu dna byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 30,733$  ;  $P = 0,006$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly Bzovský potok (Bzov. p., významná odlišnost od 8 lokalit ze 14), Radbuza (Radb., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14) a Luční potok v Rudníku (Luc. p. R., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).





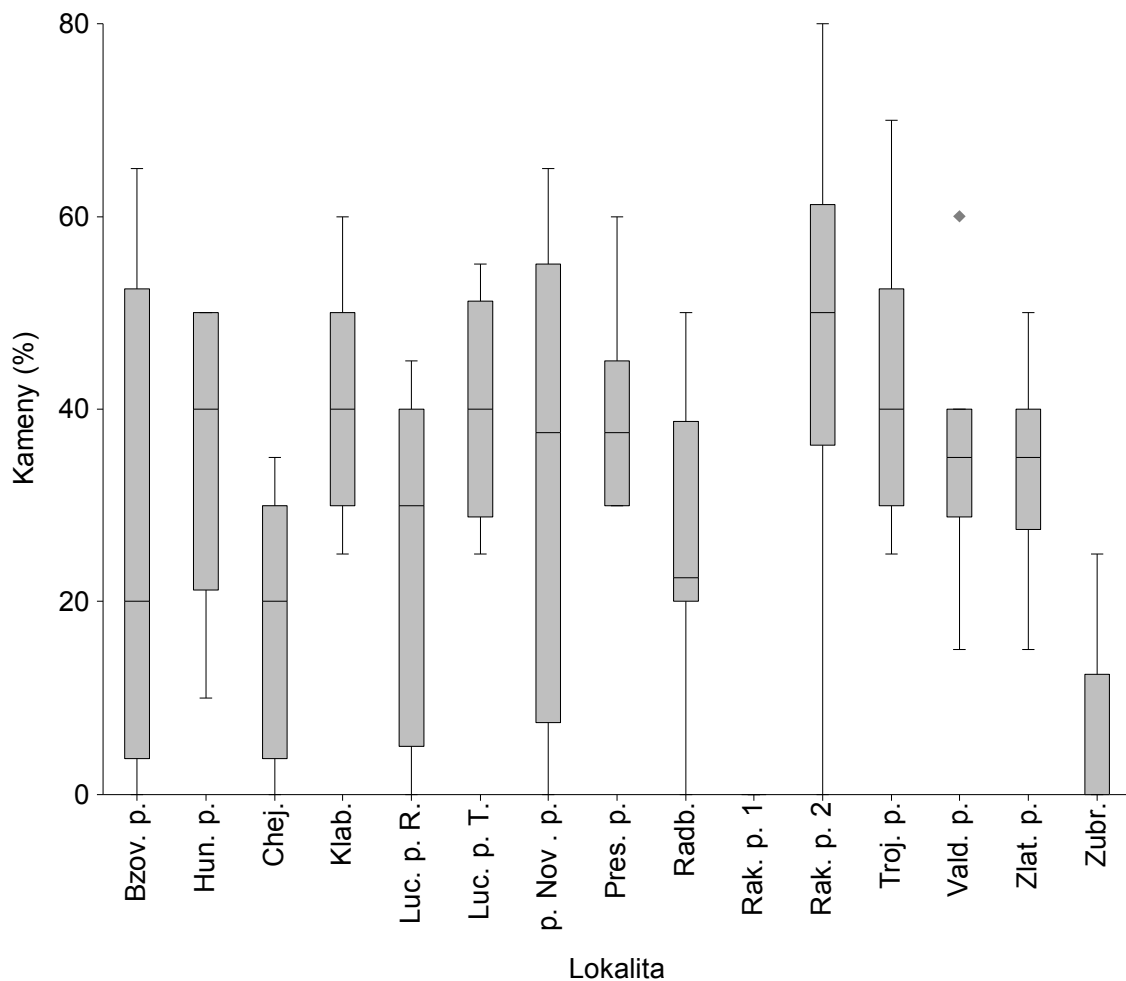
Obr. 29 Zastoupení hrubého štěrku v substrátu dna na sledovaných lokalitách.

Při porovnání zastoupení oblázků v substrátu dna byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 62,602$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly Zubřina (Zubr., významná odlišnost od 11 lokalit ze 14), Rakovský potok (Rak. p. 1, významná odlišnost od 9 lokalit ze 14), Chejlava (Chej., významná odlišnost od 7 lokalit ze 14), Luční potok v Třebušíně (Luc. p. T., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Přešínský potok (Pres. p., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Huníkovský potok (Hun. p., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Klabava (Klab., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14), Luční potok v Rudníku (Luc. p. R., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14), Valdecký potok (Vald. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14) a Zlatý potok (Zlat. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).



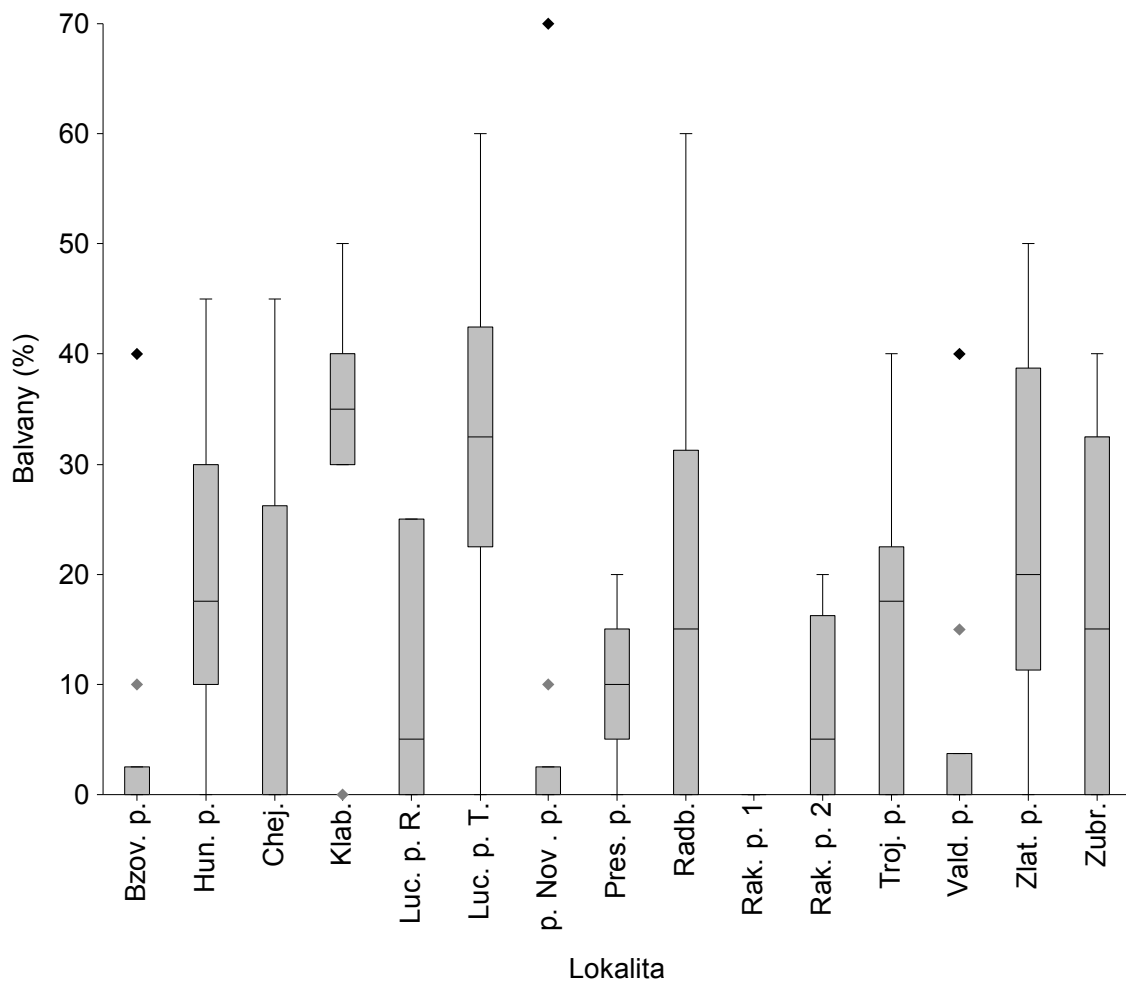
Obr. 30 Zastoupení oblázků v substrátu dna na sledovaných lokalitách.

Při porovnání zastoupení kamenů v substrátu dna byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 61,198$  ;  $P < 0,001$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly Rakovský potok (Rak. p. 1, významná odlišnost od 12 lokalit ze 14), Zubřina (Zubr., významná odlišnost od 12 lokalit ze 14), Rakovský potok (Rak. p. 2, významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Chejlava (Chej., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14) a Trojhorský potok (Troj. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).



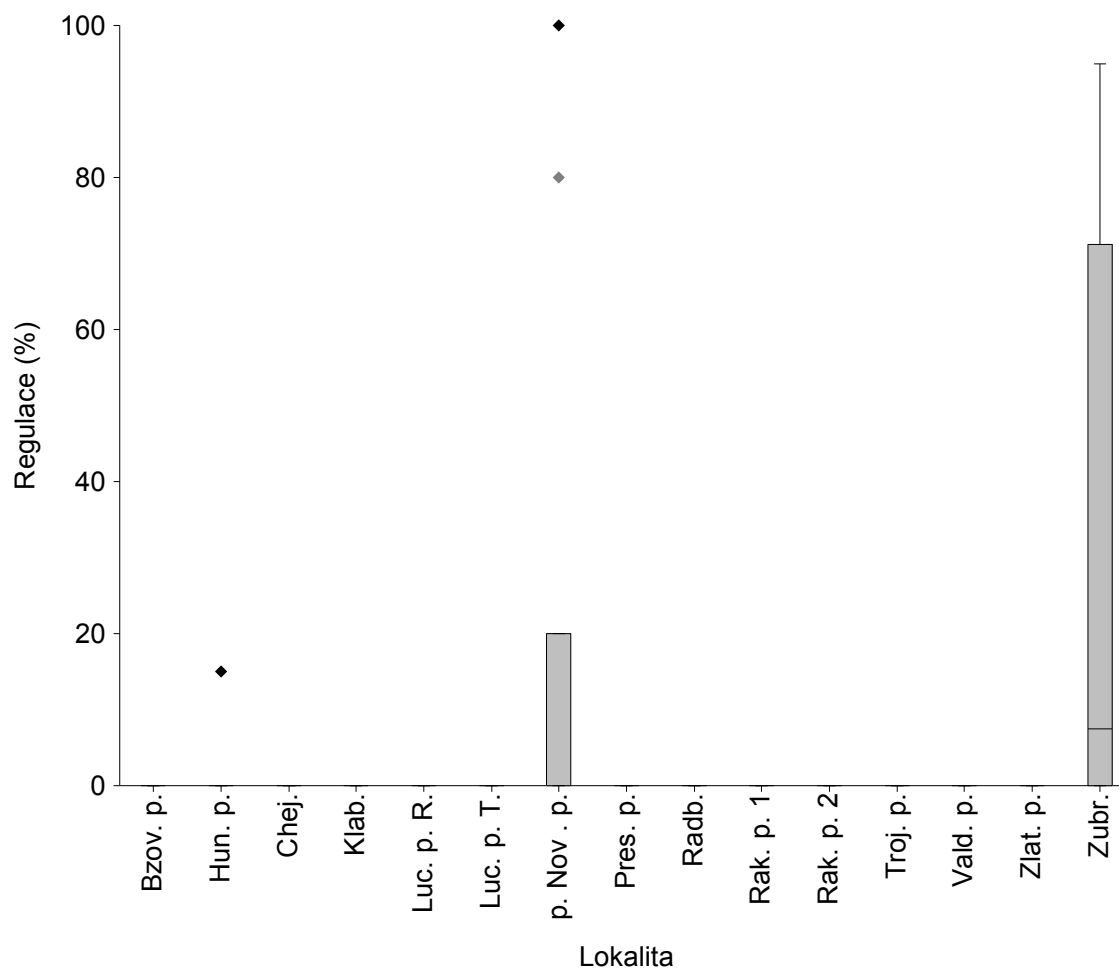
Obr. 31 Zastoupení kamenů v substrátu dna na sledovaných lokalitách.

Při porovnání zastoupení balvanů v substrátu dna byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 47,444$ ;  $P < 0.001$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly Klabava (Klab., významná odlišnost od 10 lokalit ze 14), Rakovský potok (Rak. p. 1, významná odlišnost od 8 lokalit ze 14), Luční potok v Třebušíně (Luc. p. T., významná odlišnost od 8 lokalit ze 14), Zlatý potok (Zlat. p., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14) a Bzovský potok (Bzov. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).



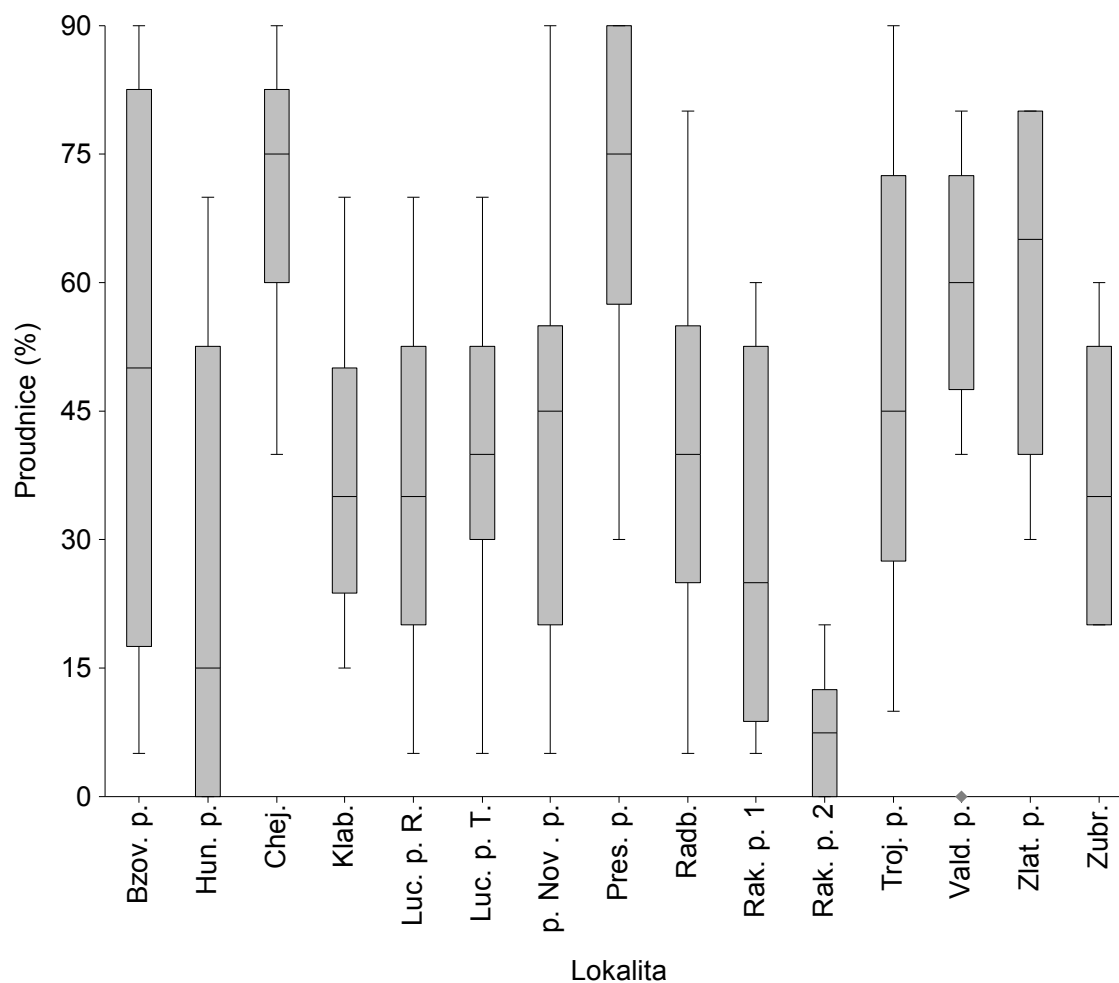
Obr. 32 Zastoupení balvanů v substrátu dna na sledovaných lokalitách.

Při porovnání zastoupení regulace v substrátu dna nebyl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 7,67$ ;  $P = 0,906$ ). Při použití Z-testu se od ostatních lokalit výrazně odlišovaly ( $Z > 1,9600$ ) pouze přítok Novosedleckého potoka (p. Nov. p., významná odlišnost od 13 lokalit ze 14) a Zubřina (Zubr., významná odlišnost od 14 lokalit ze 14).



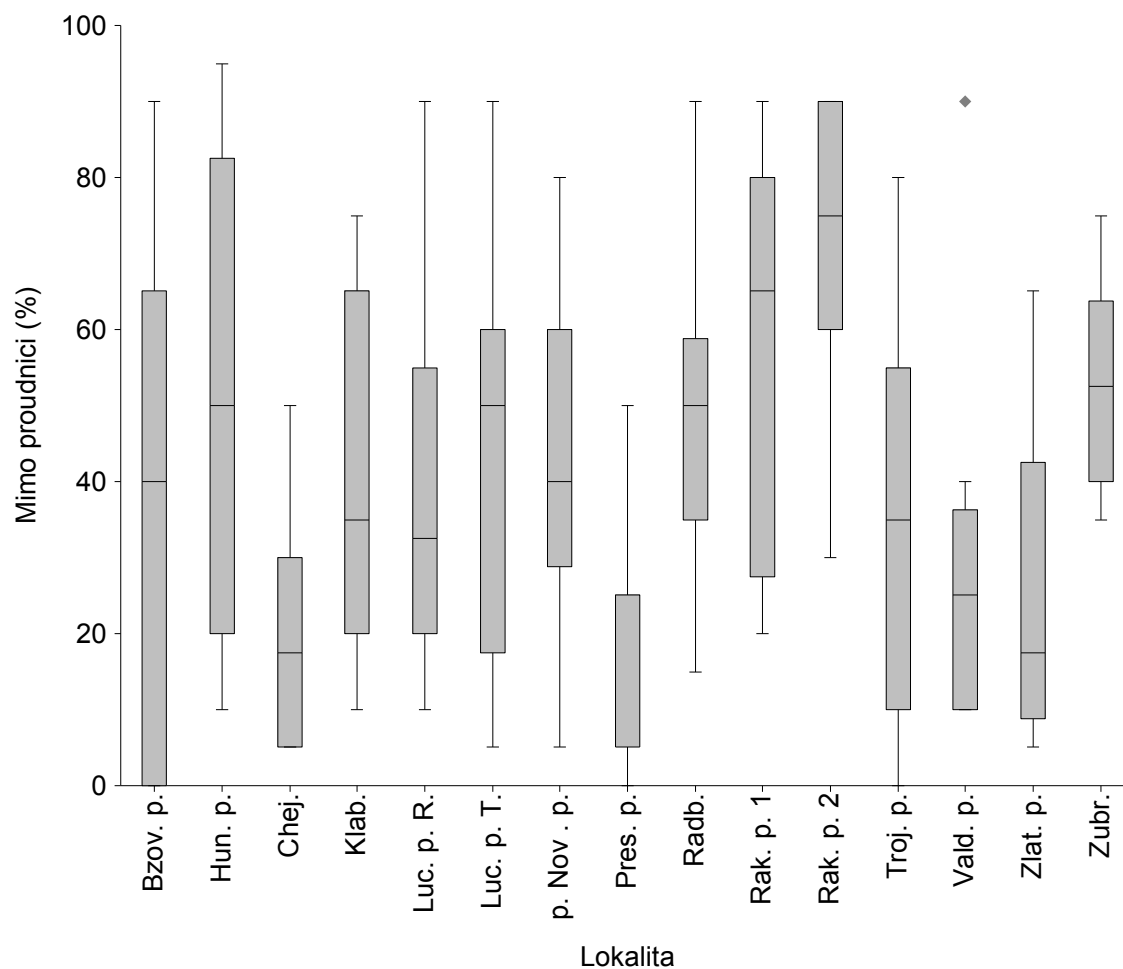
Obr. 33 Zastoupení regulace v substrátu dna na sledovaných lokalitách.

Při porovnání zastoupení proudných úseků na sledovaných lokalitách byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 55,673$ ;  $P < 0.001$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly Rakovský potok (Rak. p. 2, významná odlišnost od 12 lokalit ze 14), Chejlava (Chej., významná odlišnost od 10 lokalit ze 14) a Přešínský potok (Pres. p., významná odlišnost od 10 lokalit ze 14).



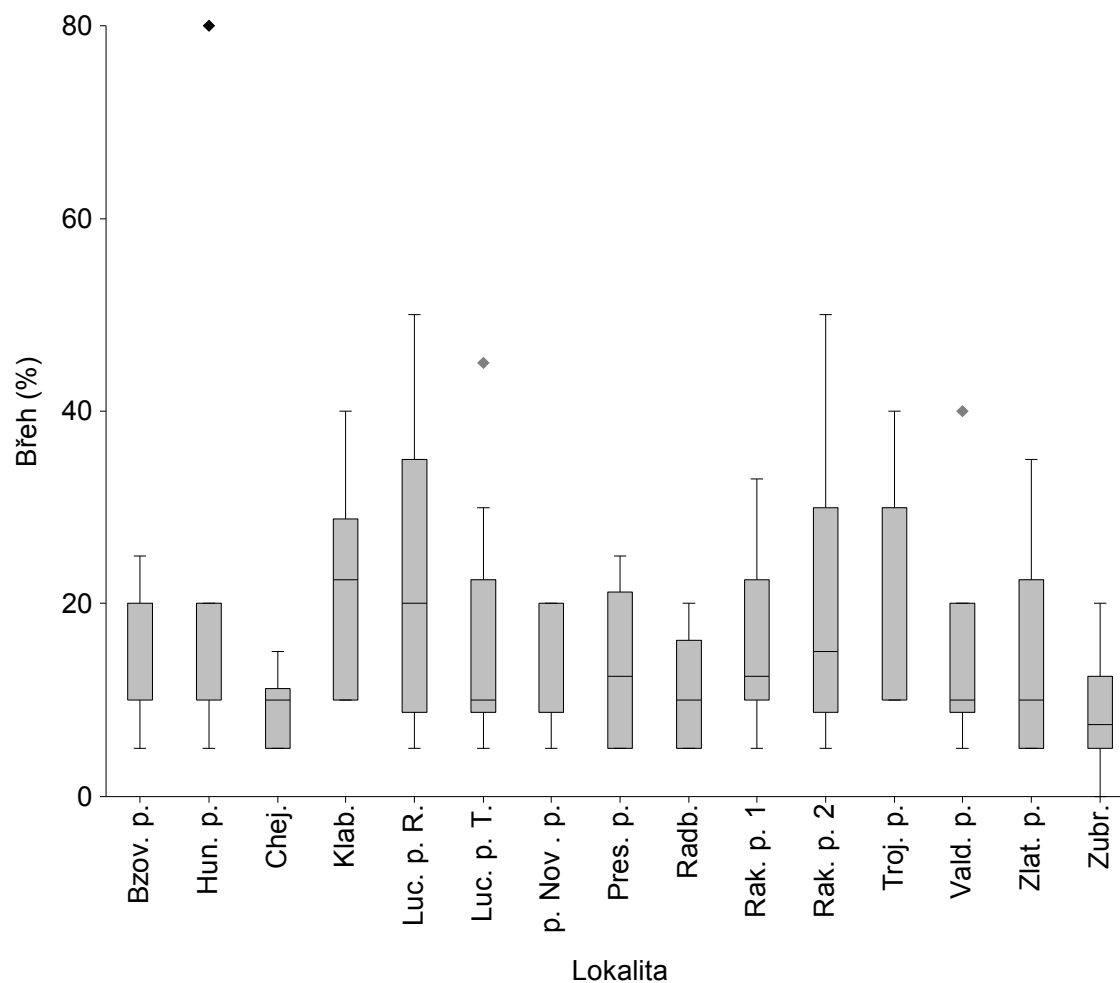
Obr. 34 Zastoupení proudných úseků na sledovaných lokalitách.

Při porovnání zastoupení úseků umístěných mimo proudnici byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 45,224$ ;  $P < 0.001$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly Přešínský potok (Pres. p., významná odlišnost od 10 lokalit ze 14), Rakovský potok (Rak. p. 2, významná odlišnost od 10 lokalit ze 14), Chejlava (Chej., významná odlišnost od 7 lokalit ze 14) a Zlatý potok (Zlat. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).



Obr. 35 Zastoupení úseků umístěných mimo proudnici na sledovaných lokalitách.

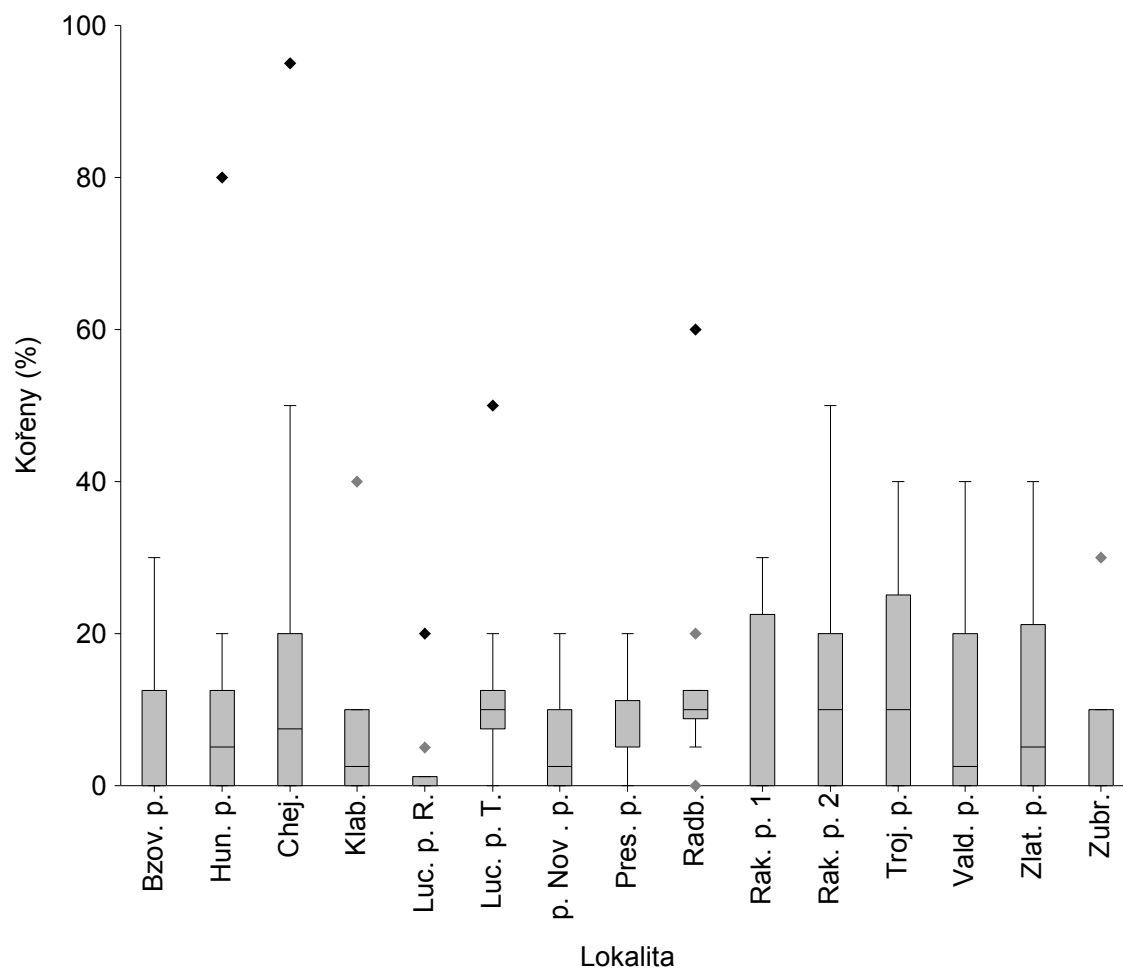
Při porovnání zastoupení břehových částí nebyl zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 16,935$ ;  $P = 0,26$ ). Při použití Z-testu se výrazněji od ostatních lokalit odlišovala ( $Z > 1,9600$ ) pouze Zubřina (Zubr., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).



Obr. 36 Zastoupení břehových částí na sledovaných lokalitách.

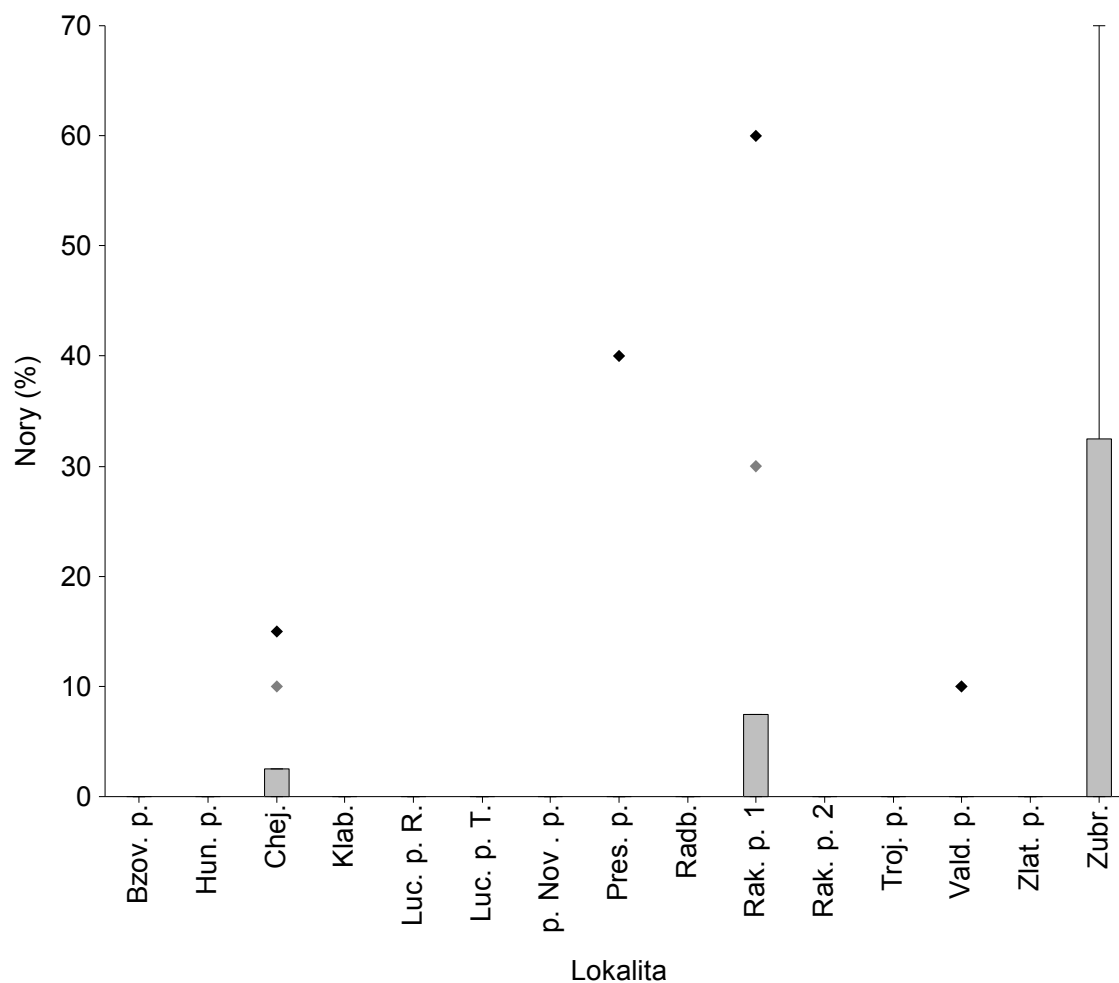
Při porovnání zastoupení kořenů jako potenciálních úkrytů nebyl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 16,038$ ;  $P = 0,311$ ). Při použití Z-testu se výrazněji od ostatních lokalit odlišoval ( $Z > 1,9600$ ) pouze Luční potok v Rudníku (Luc. p. R., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).





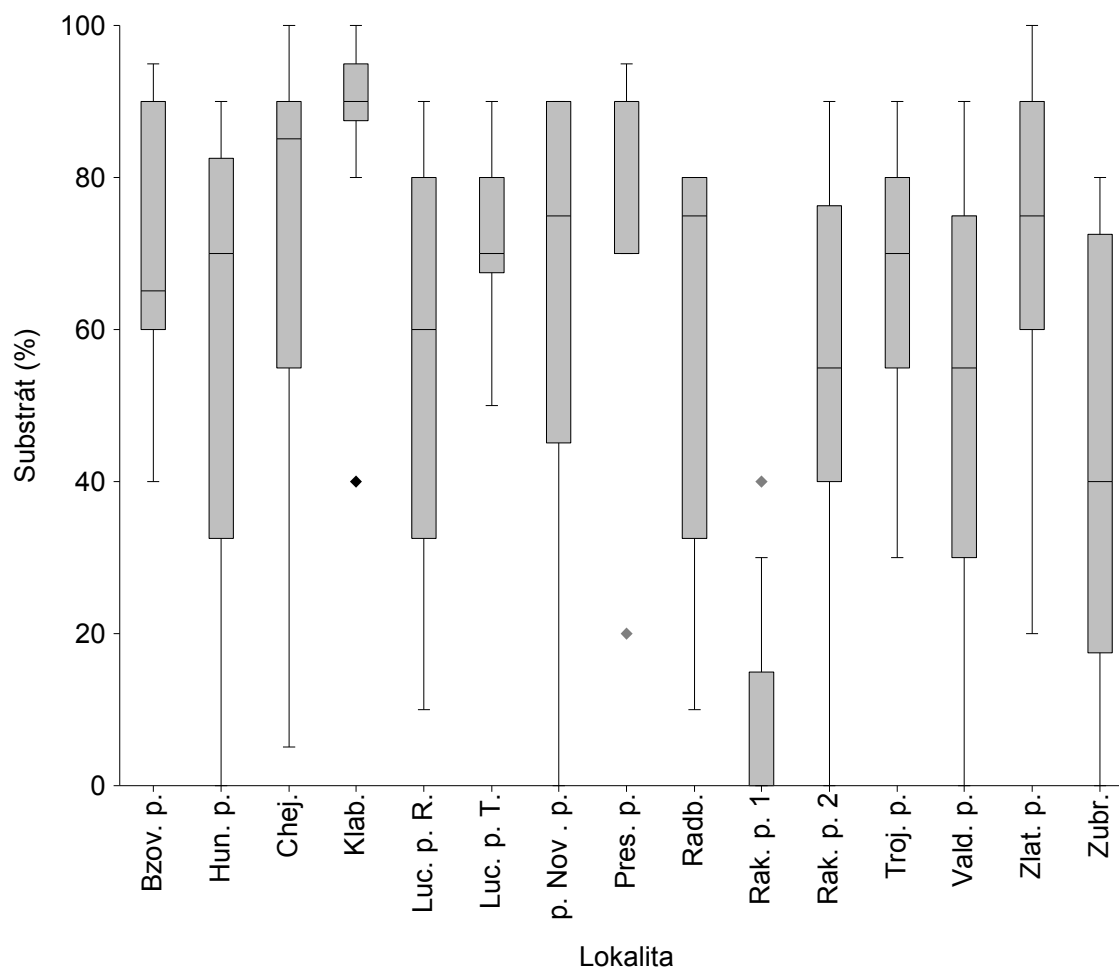
Obr. 37 Zastoupení kořenů jako potencionálních úkrytů na sledovaných lokalitách.

Při porovnání zastoupení nor jako potenciálních úkrytů nebyl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 5,862$ ;  $P = 0,97$ ).



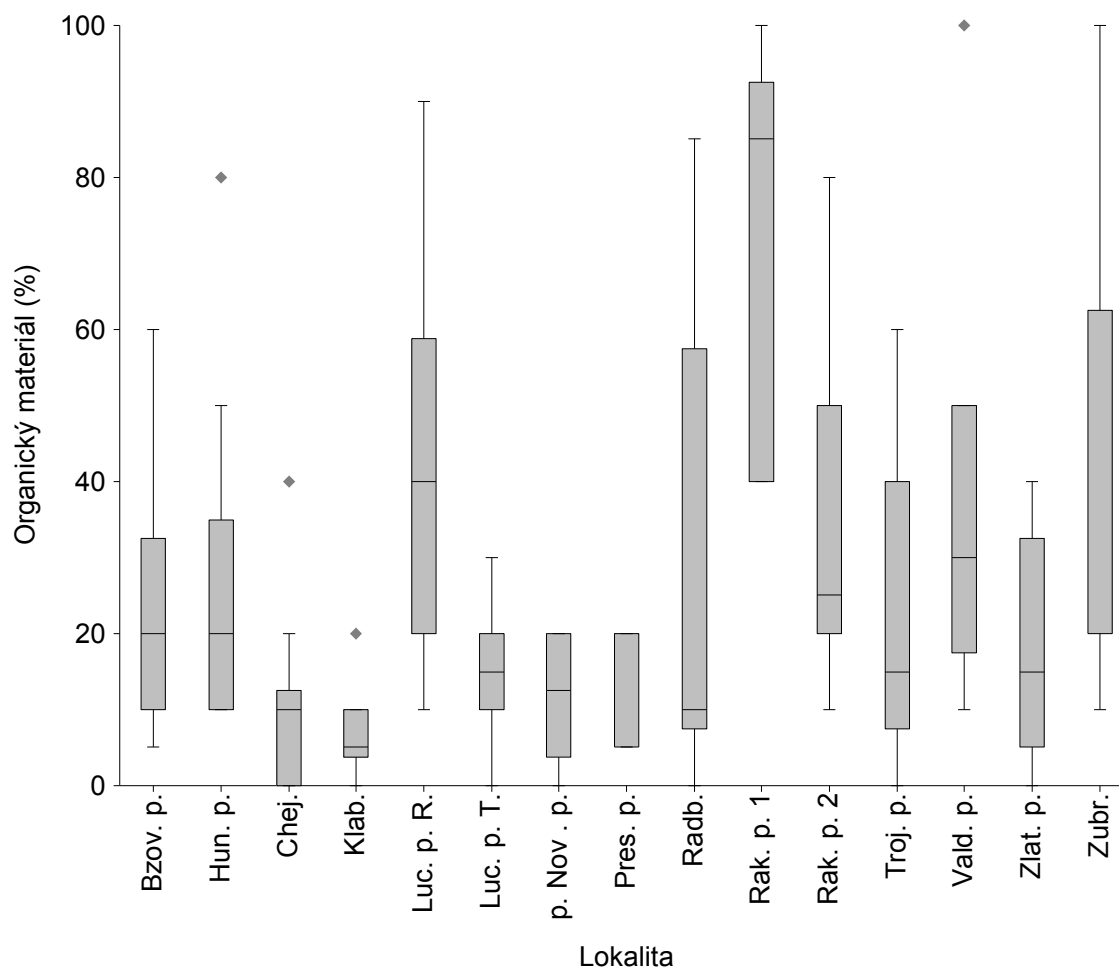
Obr. 38 Zastoupení nor jako potenciálních úkrytů na sledovaných lokalitách.

Při porovnání zastoupení substrátu dna jako potenciálního úkrytu byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 47,84$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly Rakovský potok (Rak. p. 1, významná odlišnost od 13 lokalit ze 14), Klabava (Klab., významná odlišnost od 10 lokalit ze 14) a Přešínský potok (Pres. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).



Obr. 39 Zastoupení substrátu dna jako potenciálního úkrytu na sledovaných lokalitách.

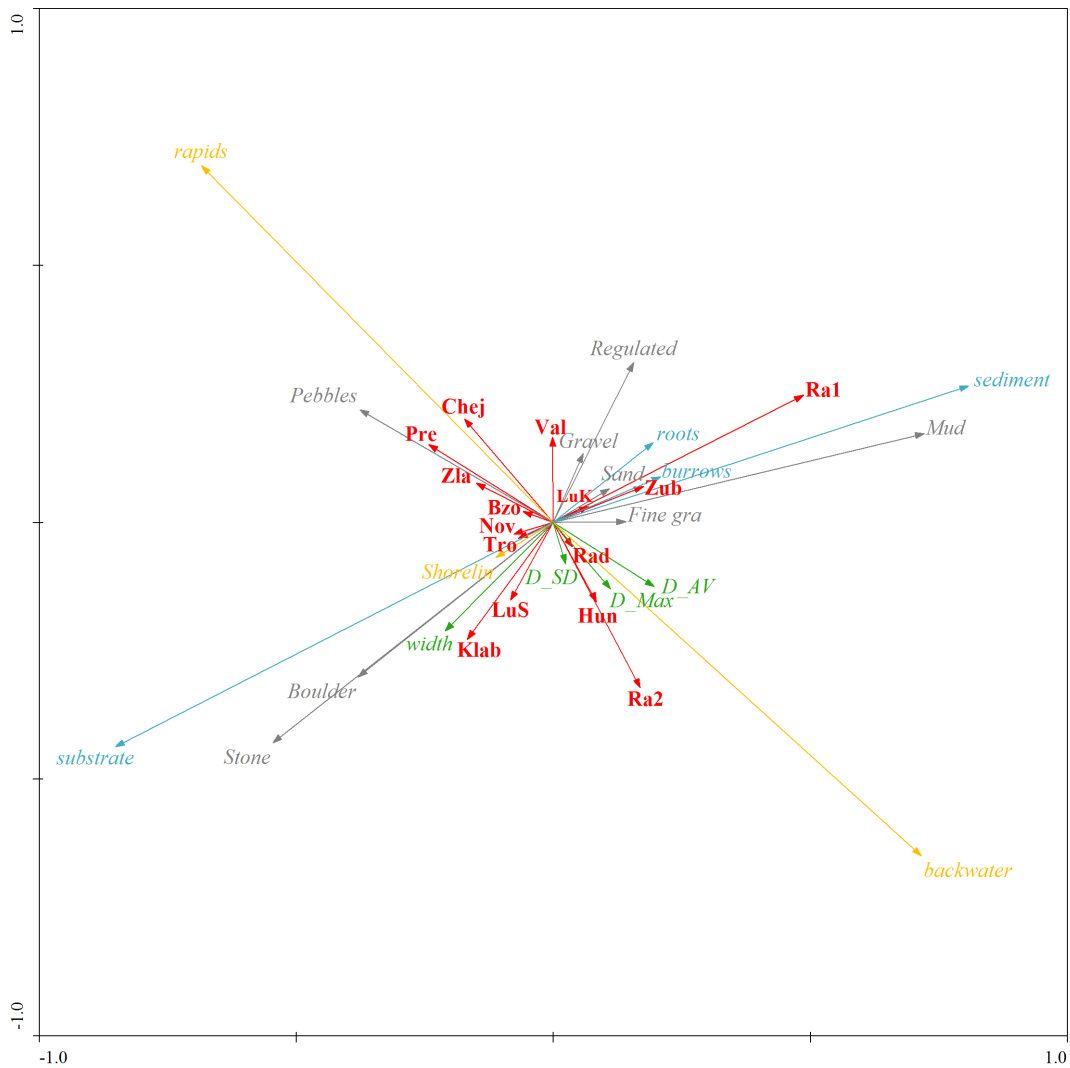
Při porovnání zastoupení organického materiálu jako potenciálního úkrytu byl průkazně zjištěn rozdíl mezi lokalitami (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 60,373$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití Z-testu se vyskytla mezi jednotlivými lokalitami řada rozdílů ( $Z > 1,9600$ ). Nejvýrazněji se od ostatních odlišovaly Rakovský potok (Rak. p. 1, významná odlišnost od 12 lokalit ze 14), Klabava (Klab., významná odlišnost od 8 lokalit ze 14), Luční potok v Rudníku (Luc. p. R., významná odlišnost od 8 lokalit ze 14), Chejlava (Chej., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), Přešínský potok (Pres. p., významná odlišnost od 6 lokalit ze 14), přítok Novosedleckého potoka (p. Nov. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14), Valdecký potok (Vald. p., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14), Rakovský potok (Rak. p. 2, významná odlišnost od 5 lokalit ze 14) a Zubřina (Zubr., významná odlišnost od 5 lokalit ze 14).



Obr. 40 Zastoupení organického materiálu jako potenciálního úkrytu na sledovaných lokalitách.

Parametry prostředí analyzované nepřímou ordinací PCA a následnou korelací (regresí) hlavních os s nezávislými proměnnými, vysvětlily 74,7 % variability v morfologii toků (1. kanonická osa 41,98%; 2. osa 18,88%; 3. osa 7,14% a 4. osa 6,88 % variability).

Nejsilnější korelaci s 1. kanonickou osou měly parametry týkající se potenciálních úkrytů (organické sedimenty, substrát dna), umístění v toku (proudnice, mimo proudnici), jemnozrnné sedimenty, oblázky, balvany, kameny a Rakovský p. (horní tok). U 2. osy to bylo umístění v toku (proudnice, mimo proudnici), potenciálních úkrytů (substrát dna), Balvany, kameny, regulace a Rakovský p. (dolní tok). 3. osa měla nejsilnější korelaci s regulací, jemnozrnnými sedimenty, pískem, jemným štěrkem, kořeny a Zubřina. A 4. osa korelovala s kategoriemi potenciálních úkrytů (organické sedimenty, kořeny), maximální a průměrnou hloubkou, břehem a regulací.



Obr. 41 PCA 1. a 2. kanonická osa (použité zkratky odpovídají tabulkám 1, 2 a 3 a Val - Valdecký p.; LuK - Luční p. Rudník; Ra1 - Rakovský p. horní tok; Zub - Zubřina; Rad - Radbuza; Hun - Huníkovský p.; Ra2 - Rakovský p. dolní tok; LuS - Luční p. Třebušín; Klab - Klabava; Tro- Trojhorský p.; Nov - přítok Novosedlského p.; Bzo - Bzovský p.; Zla - Zlatý p.; Pre - Přešínský p.; Chej - Chejlava)

#### 4.3 Porovnání dvo metod získávání morfometrických dat

Pro účely srovnávání dvou metod získávání morfometrických dat byly použity údaje od 157 jedinců (78 samic a 79 samců). Průměrná délka karapaxu změřená posuvným měřítkem byla 26,93 mm (SD = 7,16), při odečtu velikosti z fotografií byla průměrná délka karapaxu 26,32 mm (SD = 6,6). Při měření délky karapaxu byl zjištěn rozdíl mezi sběrem dat v terénu manuálním měřením a odečtem velikosti z fotografií ( $Z = 5,584$ ;  $P < 0,001$ ).

Při použití korekce zkreslení byl průměr 26,5 mm (SD = 7,05). Při následném porovnání těchto dat s daty získanými manuálním měřením nebyl prokázán rozdíl ( $Z = 1,492$ ;  $P = 0,136$ ).

Průměrná šířka karapaxu změřená posuvným měřítkem byla 13,72 mm (SD = 3,92), při odečtu velikosti z fotografií byla průměrná šířka karapaxu 12,99 mm (SD = 3,86). Při měření šířky karapaxu byl zjištěn průkazný rozdíl mezi sčtem dat v terénu manuálním měřením a odečtem velikosti z fotografií ( $Z = 10,066$ ;  $P < 0,001$ ). Při použití korekce zkreslení byl průměr 13 mm (SD = 3,72). Při následném porovnání těchto dat s daty získanými manuálním měřením byl prokázán rozdíl v měření ( $Z = 5,738$ ;  $P < 0,001$ ).

## 5 DISKUSE

Z výsledků vyplývá, že nebyl zjištěn rozdíl v zastoupení samic a samců na jednotlivých lokalitách. Délková struktura samic se mezi populacemi nelišila, ale v řadě dalších sledovaných znaků se samice na jednotlivých lokalitách lišily. Nejvýrazněji se odlišovaly v tvaru karapaxu (CW/CL), relativní šířce zadečku (AW/CL) a některé populace i ve velikosti klepet vztažené k délce karapaxu (CheL/CL, CheW/CL, CheH/CL, CheFL/CL). Délková struktura samců se mezi populacemi lišila a menší odlišnost mezi populacemi byla zaznamenána i v obdobných parametrech jako u samic. Samci se na jednotlivých lokalitách lišili méně než samice. Nejvíce zaznamenaných rozdílů mezi populacemi bylo na Lučním potoce v Rudníku (Luc. p. R.), Zubřině (Zubr.), Klabavě (Klab.), Lučním potoce v Třebušíně (Luc. p. T.) a na přítoku Novosedlského potoka (p. Nov. p.).

V parametrech prostředí sledovaných na jednotlivých lokalitách se největší odlišnosti objevily u šířky toku, maximální hloubky, kategorií substrátu písek a oblázky a potenciálních úkrytů v organickém materiálu. V nejvíce parametrech se od ostatních lišily horní tok Rakovského potoka - horní tok (Rak. p. 1), Chejlava (Chej.), Luční potok v Rudníku (Luc. p. R.) a Zubřina (Zubr.). Další analýza pak potvrdila, že lokality vytvářejí přibližně 4 skupiny, ve kterých se svými hodnotami podobají. Jednalo se o Rakovský potok - horní tok (Rak. p. 1), Zubřinu (Zubr.) a Luční potok v Rudníku (Luc. p. R.) v první skupině, Rakovský potok - dolní tok (Rak. p. 2), Huníkovský potok (Hun. p.) a Radbuzu (Radb.) ve druhé, Klabavu (Klab.) a Luční potok v Třebušíně (Luc. p. T.) ve třetí a Přešínský (Pres. p.) , Zlatý potok (Zlat. p.) a Chejlavu (Chej.) ve čtvrté skupině.

Při porovnání dvou metod sběru morfometrických dat, byl zjištěn rozdíl v naměřených údajích. Po korekci pomocí vypočteného koeficientu byly údaje lépe porovnatelné a v jednom ze dvou sledovaných parametrů nebyl zjištěn rozdíl mezi metodami.

Množství odchycených jedinců bylo srovnatelné s obdobnými pracemi na našem území (Vlach a Valdmanová 2015). Poměr pohlaví byl na všech lokalitách vyrovnaný, což odpovídá i závěrům jiných autorů (Vlach a Valdmanová 2015, Vlach a kol. 2009b, Pârvulescu 2010). Přesto je patrný trend, že samců bylo často zaznamenáno více než samic (viz tab. 4). To může být způsobeno tím, že byli primárně zaznamenáváni větší jedinci.

Samci dorůstají větších rozměrů, a proto jich mohlo být o něco více, než kdyby byli vybíráni jedinci všech velikostních kategorií. Zároveň svou roli mohlo sehrát i to, že většina velkých samic měla již snůšku a vybíraly si nedostupnější úkryty i s ohledem na blížící se zimování. Toto chování sice není v dostupné literatuře zmiňované, ale i v pracích zaměřených na sledování ročního cyklu raka kamnáče jsou určité výkyvy při odchycích v různých obdobích roku (Dakić a Maguire 2016, Maguire a kol. 2002). Proto by mohlo být zajímavé porovnat relativní zastoupení samic při odlovech v různých částech roku.

Protože byl u raka kamnáče zjištěn výrazný pohlavní dimorfismus, především v některých sledovaných znacích (Vlach a Valdmanová 2015, Dakić a Maguire 2016), byla data vyhodnocována zvláště pro samce a samice. Délková struktura samic byla podobná na všech lokalitách a díky tomu lze považovat porovnání jednotlivých údajů za věrohodnější. U samců se populace svou délkovou strukturou lišily, a protože některé části těla nemají rovnoměrný růst (Vlach a Valdmanová 2015) lze u nich předpokládat určité zkreslení. Naměřená celková délka těla byla srovnatelná s obdobnými studii (Pârvulescu 2010, Vlach a Valdmanová 2015). Nejvíce se od ostatních odlišovali jedinci z Lučního potoka z Rudníku (Luc. p. R.), kteří měli méně protáhlý karapax ( $CW/CL$ ) a vyšší poměry šířky zadečku a velikosti klepet ku délce karapaxu ( $AW/CL$ ,  $CheW/CL$ ,  $CheH/CL$ ) než jedinci na ostatních lokalitách. Zároveň v některých znacích vykazovali velmi nízkou variabilitu. Například výše zmíněný tvar karapaxu ( $CW/CL$ ) či poměr výšky klepet ku karapaxu ( $CheH/CL$ ) u samic. K podobnému pozorování došli i další autoři (Vlach a Valdmanová 2015; Petrušek a kol. 2017). Tato odlišnost je nejspíše způsobena odlišným původem populace na Lučním potoce v Rudníku a její malou genetickou variabilitou v důsledku efektu zakladatele. Tato populace byla pravděpodobně založena několika málo jedinci introdukovanými z Balkánského poloostrova v průběhu 19., nebo 20. století (Petrušek a kol. 2017). Odlišná se v části pozorovaných znaků jevila i populace samců na přítoku Novosedelského potoka (p. Nov. p.), zvláště při porovnání s jedinci z Lučního potoka v Třebušíně (Lukc. p. T.). Samci vykazovali protáhlejší tvar karapaxu ( $CW/CL$ ) a i poměry velikosti klepet ku karapaxu ( $CheW/CL$ ,  $CheH/CL$ ) byly nižší. Tato odlišnost odpovídá alometrickému růstu některých částí těla, přesně jak to popisuje Vlach a Valdmanová (2015). Zároveň spadá přítok Novosedelského potoka do povodí Dunaje a je



zde možnost, že jedinci budou i geneticky odlišní. V 6 z 9 vyhodnocovaných znaků se také lišily jedinci na Zubřině (Zubr.), kteří obdobně jako jedinci z Lučního potoka v Rudníku měly méně protáhlý karapax (CW/CL) a vyšší poměry šířky zadečku a velikosti klepet ku délce karapaxu (AW/CL, CheL/CL, CheW/CL, CheFL/CL), což popisuje i Valdmanová (2015). Méně protáhlý karapax (CW/CL) a vyšší poměry velikosti klepet ku délce karapaxu (AW/CL, CheL/CL, CheW/CL) vykazovali i jedinci na Lučním potoce v Třebušíně (Luc. p. T.). Naopak samice na Klabavě (Klab.) měly nižší poměry ve většině parametrů než samice na ostatních lokalitách. Relativně širší karapax (méně protáhlý tvar) může poukazovat, dle některých autorů, na nižší množství kyslíku ve vodě (Haddaway a kol. 2012). Sledování chemismu vody (Vlach a kol 2012) žádné zásadní rozdíly v obsahu kyslíku, které by potvrzovaly výše zmíněný předpoklad, nezaznamenaly. Dlužno však dodat, že v současnosti nejsou dostatečné podklady pro ověření výše zmíněné hypotézy.

Zajímavá byla vzájemná podobnost tvaru klepet (CheL/CheW), jedinci se významně nelišili mezi jednotlivými lokalitami. Tento údaj je částečně v rozporu s pozorováním na Balkánském poloostrově (Pârvulescu 2010), kde se jedinci na některých lokalitách odlišovali právě tvarem klepet. Jako vysvětlení se nabízí nízká genetická variabilita populací v povodí Labe ve srovnání s balkánskými populacemi (Petrušek a kol. 2017).

Soubor výsledků popisujících charakter vybraných lokalit lze rozdělit do třech kategorií. Jsou to obecné parametry lokality (šířka, hloubka toku, proudění vody), charakter substrátu a zastoupení různých typů úkrytů.

V obecných parametrech toku byla zaznamenána velká variabilita. Toky měly rozdílnou šířku od několika desítek centimetrů, až po jednotky metrů, což odpovídá obecnému schématu lokalit raka kamenáče (Bohl 1987; Machino a Fureder 2005). Hloubkami se již od sebe tolik nelišily, přestože i zde byla určitá rozdílnost. Největší hloubky byly zaznamenány na Radbuze a Chejlavě, nejmenší pak na přítoku Novoselského potoka. Co se týče proudění vody byly výrazné rozdíly pouze na třech lokalitách. Na dolním toku Rakovského potoka (Rak. p. 2), kde převládaly méně proudné úseky, na Chejlavě a Přešínském potoce, kde bylo více proudných úseků. Velké množství proudných úseků na Chejlavě může být částečně ovlivněno i termínem sběru dat, kdy v období sběru byl vyšší úhrn srážek. Přešínský potok byl v některých úsecích poměrně necitlivě napřímen

a vyhlouben, proto je na této lokalitě obecně méně tůní, nebo míst s pomalejším prouděním vody. Zajímavé bylo podobné zastoupení břehových částí na všech lokalitách, i když by se na první pohled mohlo zdát, že na užších a mělčích tocích bude úseků s břehovým charakterem více.

Zastoupení jednotlivých kategorií substrátu dna bylo variabilní, nejvíce se od sebe lokality lišily v zastoupení oblázků a písku. Největší zastoupení písčitého substrátu dna bylo na Radbuze (Radb.), Zubřině (Zubr.) a Lučním potoce v Rudníku (Luc. p. R.), naopak téměř žádný nebyl na Klabavě (Klab.). Oblázky se nejvíce vyskytovaly na Chejlavě (Chejl.) a nejméně na Zubřině (Zubr.). Pozornost upoutá i zastoupení jemnozrnných sedimentů, kde se nejvíce odlišoval horní tok Rakovského potoka (Rak. p. 1) vysokým podílem těchto sedimentů a přítok Novosedlského potoka (p. Nov. p.) s velice nízkým zastoupením jemnozrnných sedimentů a vysokým zastoupením regulace. Regulace a zpevnění toku je často omezujícím faktorem pokud je v dobrém technickém stavu. V případě, že je opevnění toku poškozeno a vytvoří se v něm prostory, stává se dobrým zdrojem úkrytů pro raky, jako je tomu na některých částech Zubřiny.

Zastoupení typů potenciálních úkrytů bylo do značné míry propojeno s ostatními charakteristikami lokalit. Například relativní zastoupení kořenů jako potenciálních úkrytů vykazovalo malou variabilitu, zřejmě jako důsledek malé variability zastoupení břehů a příbřežní vegetace. Potvrzením tohoto předpokladu může být situace na Lučním potoce v Rudníku (Luc. p. R.), kde se část břehu nacházela v těsné blízkosti silnice a bez výrazné dřevinné vegetace. Při pohledu na obr. 37 (Zastoupení kořenů jako potenciálních úkrytů na sledovaných lokalitách) je jasně vidět i velice nízké zastoupení kořenů na této lokalitě. Dalším typem úkrytů byly nory, které si jedinci vytvářejí v březích. Nory byly nalezeny pouze na několika tocích a důležitou roli zde hraje charakter břehů. Kvůli nízkému zastoupení nor ve vybraných lokalitách, nebylo průkazné porovnání lokalit v tomto parametru. Při porovnání zastoupení substrátu jako potenciálního úkrytu se od ostatních lokalit výrazně lišil horní úsek Rakovského potoka (Rak. p. 1), kde kvůli nedostatku hrubozrnného substrátu dna museli jedinci využívat jiné úkryty. Hlavně naplavený organický materiál a nory. Naopak velké zastoupení úkrytů v substrátu dna měla Klabava, protože se zde vyskytovalo velké množství hrubozrnných sedimentů a tím pádem i množství úkrytů pro raky (Vorbürger a Ribi 1999; Streissl a Hödl 2002b, Vlach a kol. 2009b ). Posledním typem potenciálních úkrytů byl naplavený organický materiál,

který mohl jedincům poskytnout úkryty na úsecích, kde byl nevhodný substrát dna (viz výše). V tomto parametru se lokality mezi sebou značně lišily. Velké zastoupení tohoto typu úkrytů bylo na horní části Rakovského potoka (Rak. p. 2) a naopak nízký výskyt byl zaznamenán na Klabavě (Klab.), Chejlavě (Chejl.) a přítoku Novosedlského potoka (p. Nov. p.). V nejvíce parametrech se od ostatních lišily horní tok Rakovského potoka (Rak. p.1), Chejlava (Chej.), Luční potok v Rudníku (Luc. p. R.) a Zubřina (Zubr.). Po vyhodnocení parametrů prostředí metodou PCA lze říci, že Rakovský potok (horní část), Zubřina a částečně i Luční potok v Rudníku si byly podobné hlavně zastoupením jemnozrnných sedimentů a velkým množstvím jiných úkrytů, než těch které nabízel substrát dna. Oproti tomu Klabava a Luční potok v Třebušíně vykazovaly hrubý substrát dna (kameny, balvany) a s tím i spojenou nabídku úkrytů pod nimi. Oblázky a více proudných úseků se nacházelo na Přešínském, Zlatém potoce a Chejlavě. Klidné hlubší úseky byly ve větší míře zastoupeny na Rakovském potoce (dolní část), Huníkovském potoce a Radbuze.

Při porovnání výsledků měření posuvným měřítkem a odečtu velikosti z fotografie, byly použity údaje o délce a šířce karapaxu. Tyto parametry byly zvoleny, protože je lze odečítat z jedné fotografie (přesnější porovnání) a jedná se o dvojici dobře měřitelného parametru (délka karapaxu) a poměrně špatně měřitelného parametru (šířka karapaxu). Při analýze získaných dat byl shledán průkazný rozdíl mezi metodami měření. Použitá korekce dat k sobě obě hodnoty natolik přiblížila, že rozdíl naměřených délek karapaxu již nebyl průkazný. Pokud se blíže podíváme na dané výsledky lze pozorovat poměrně velkou shodu při měření délky karapaxu, kde je rozdíl minimální v porovnání s měřením šířky karapaxu. To může být způsobeno charakteristikou částí těla, které jsou měřeny. Délka karapaxu byla definována jako vzdálenost mezi špičkou rostra a koncem karapaxu na hřbetní straně, což je dobře patrné i na fotografiích a zároveň se jedná o poměrně tvrdé struktury, o které se dá posuvné měřítko dostatečně opřít. Naproti tomu byla šířka karapaxu definována jako nejširší část karapaxu, který má okrouhlý průřez a na fotografiích může být někdy obtížné správně označit okraj karapaxu tak, jak byl měřen posuvným měřítkem, nehledě ke skutečnosti, že pro tento rozměr nebyl definován žádný pevný záchytný bod, který by měření zjednodušil. Do budoucna by bylo vhodné lépe definovat jednotlivé rozměry a vztáhnout jejich umístění k nějakému pevnému útvaru.

Například by mělo být proveditelné posunout měření šířky karapaxu na dotyk s týlním švem, který je na fotografiích dobře vidět. Nabízí se otázka, zdali tato úprava nezkomplikuje porovnání získaných dat s výsledky většiny autorů, kteří používají při měření právě největší šířku karapaxu, která se nachází v jiné části (Pârvulescu 2010, Haddaway a kol. 2012, Dakić a Maguire 2016). Další možností jak zvýšit přesnost grafického odečtu je zlepšení kvality fotografií. Při fotografování docházelo totiž k tomu, že ne vždy bylo dosaženo optimálních světelných podmínek a někteří jedinci zároveň vykazovali velkou míru pohyblivosti, bylo proto obtížné je fixovat ve správném úhlu. Tento problém by se vyřešil speciálně vyrobeným boxem, který by měl vlastní osvětlení, dokázal by jedince fixovat a zároveň by k němu šel připevnit fotoaparát jako na stativ.

Přestože se mezi získanými daty vyskytl průkazný rozdíl, pohybuje se odlišnost měření v řádech desetin milimetru, což je v praxi velice malá odchylka. Obě metody tedy lze s úspěchem použít a při použití korekce je možné některé naměřené údaje považovat za ekvivalentní.

## 6 ZÁVĚR

Předkládaná práce potvrdila významné rozdíly v morfologii těla mezi některými populacemi raka kamenáče na území České republiky. Zároveň byla zaznamenána variabilita v některých významných parametrech prostředí jako jsou složení substrátu dna a nabídka potencionálních úkrytů. Při zběžném porovnání dat jedinců a prostředí lze sledovat určité tendence mezi odlišností tvaru těla jedinců a parametrů prostředí na některých lokalitách (Zubřina, Luční Potok v Rudníku, Klabava). Ověření spojitosti parametrů prostředí a tvaru těla bude probíhat v dalších fázích projektu, v jehož rámci se bude provádět i genetická analýza změřených jedinců a odečet dalších morfometrických parametrů ze získaných fotografií. Po získání kompletních údajů, proběhne porovnání všech parametrů vzhledem k morfologii jedinců s pomocí mnohorozměrných statistických metod.

## 7 LITERATURA

- Bohl E. (1987). Comparative studies on crayfish brooks in Bavaria (*Astacus astacus* L., *Austropotamobius torrentium* Schr.); *Freshwater crayfish*, 7, 287–294.
- Dakić, L. a Maguire, I. (2016). Year cycle and morphometrical characteristics of *Austropotamobius torrentium* from two karstic rivers in Croatia; *Zagreb: Nat. Croat.*, 25: 87–100.
- Đuriš Z. a Horká I. (2005). Rešerše biologie a ekologie raků v České Republice; Praha: Depon. in VÚV T.G.M,
- Edgerton B.F., Henttonen P., Jussila J., Mannonen A., Paasonen P., Taugbol T., Edsman L. a Souty-Grosset C. (2004) Understanding the causes of disease in European freshwater crayfish; *Conserv Biol*, 18: 1466–1474.
- Fischer D., Pavlůvčík P., Sedláček F. a Šálek M. (2009). Predation of the alien American mink, *Mustela vison* on native crayfish in middle-sized streams in central and western Bohemia; *Folia Zool.*, 58: 45–56.
- Fischer D., Vlach P., Dušek J., Đuriš Z., Kozubíková E., Petrusek A., Svobodová J. a Štambergová M. (2011). Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*); Metodika monitoringu AOPK. [[http://www.nature.cz/publik\\_syst2/files/austropotamobius\\_torr.pdf](http://www.nature.cz/publik_syst2/files/austropotamobius_torr.pdf)]
- Füreder L., Gherardi F. a Souty-Grosset C. (2010). *Austropotamobius torrentium*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 28 April 2012.
- 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); *Aquat. Sci.*, 62: 1–19.
- Grandjean F., Romain D., Avila-Zarza C., Bramard M., Souty-Grosset C. a Mocquard J.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 Güner U. (2007). A new record of recently discovered crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Shrank, 1803), in Turkey; *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* . 387: 01-05.
- Hauer F. R. a Lambert G. A. (2006). *Methods in stream ecology*; Academic Press, 877pp.
- Holdich D. (2002). Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 367: 611-650.
- Holdich D. (2003). Ecology of the white-clawed crayfish, *Conserving Natura 2000 Rivers*; Peterborough: Ecology Series No.1, English Nature,
- Chobot K. a Štambergová M. (2009). Mapa rozšíření *Austropotamobius torrentium* v ČR; BioLib [<http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id129/>].
- Kouba A., Petrusek A. a Kozák P. (2014). Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps; *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 413: 05.
- Kozák P., Ďuriš Z. a Polícar T. (2002). The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Shrank) in the Czech Republic; *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 367: 707-713.
- Kozák P., Ďuryš Z., Petrusek A., Buřič M., Horká I., Kouba A., Kozubíková E. a Polícar T., (2013). *Biologie a chov raků*; České Budějovice: Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod.
- Kozubíková E., Petrusek A., Ďuriš Z., Martin M. P., Diéguez-Uribeondo J. a Oidtmann B. (2008). The old menace is back: Recent crayfish plague outbreaks in the Czech Republic; *Aquaculture*, 274: 208–217.
- Maguire I. a Klobučar G. (2011). Size structure, maturity size, growth and condition index of stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in North-West Croatia; *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 401: 12.
- Maguire I., Erben R., Klobučar G.I.V. a Lajtner J. (2002). A year cycle of *Austropotamobius torrentium* (Shrank) in streams on Medvednica mountain (Croatia); *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 367: 943-957.

- Machino Y. a Füreder L. (2005). How to find a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803): a biogeographic study in Europe; *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 376-377: 507-517.
- Mapy.cz (2017). [<http://www.mapy.cz>]
- Pârvulescu L. (2010). Comparative biometric study of crayfish populations in the Anina Mountains (SW Romania) hydrographic basins; *Stud. Univ. Babeş. Bolyai. Biol.*, 1: 3–15.
- Patoka J., Římalová-Kadlecová K., Bílý M. a Koščo J. (2013). Frequency of new marble-colored morph in wild population of *Austropotamobius torrentium* (Decapoda: Astacidae); *Biologia*, 68 (4): 707-711.
- Petrusek A., Pešek P., Leština D., Martin P., Fischer D., Kozák P. a Vlach P. (2017). Mitochondrial DNA provides evidence of a double origin for the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* in the Elbe basin; *Limnologica*, 62: 77-83.
- Renz M. a Breithaupt T. (2000). Habitat use of the crayfish *Austropotamobius torrentium* in small, brooks and in lake Constance, southern Germany; *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 356: 139-154.
- Scalici M., Macale D. a Gibertini G. (2010). Allometry in the ontogenesis of *Austropotamobius pallipes* species complex (Decapoda: Astacidae): The use of geometric morphometrics; *Ital. J. Zool.*, 77: 296–302.
- Spitzky R. (1973): Crayfish in Austria: History and actual situation; *Freshwater Crayfish*, 1: 10-14.
- Streissl F. a Hödl W. (2002a). Growth, morphometrics, size at maturity, sexual dimorphism and condition index of *Austropotamobius torrentium* Schrank; *Hydrobiologia*, 477: 201–208.
- Streissl F. a Hödl W. (2002b). Habitat and shelter requirements of the stone crayfish, *Austropotamobius torrentium* Schrank; *Hydrobiologia* 477: 195–199.
- Svobodová J., Douda K., Štambergová M., Píček J., Vlach P., Fischer D. (2012). The relationship between water quality and indigenous and alien crayfish distribution in the Czech Republic: patterns and conservation implications; *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 22: 776-786.
- Štambergová M., Svobodová J. a Kozubíková E. (2009). Raci v České republice (Crayfish in the Czech Republic); Praha: AOPK ČR.



- Trožić-Borovac S., Macanović A. a Škrijelj R. (2012). The morfometrics characterics and condition index of austropotamobius pallipes in the Neretva river basin; Faculty of Forestry University of Sarajevo.
- Valdmanová L. (2015). Morfologie raka kamenáče v ČR s důrazem na potenciální morfologické rozdíly mezi populacemi s odlišným původem. Manuscript, depon.in Západočeská univerzita v Plzni, Centrum biologie, geověd a envigogiky.
- Vlach P., Hulec L. a Fischer D. (2009a). Recent distribution, population densities and ecological requirements of the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in the Czech Republic; *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 394-395: 13
- Vlach P., Hulec L. a Fischer D. (2009b). Microhabitat preferences of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803); *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 394-395: 15
- Vlach P., Svobodová J. a Fisher 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* 407:1-13.
- 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.
- Vlček V., Novotný S., Píše J., Vlček V., Kestřánek J. a Kříž, H. (1984). Vodní toky a nádrže, *Zeměpisný lexikon ČSR* (1. vyd.); Praha: Academia.
- Vorburger CH. a Ribí G. (1999). Aggression and competition for shelter between a native and an introduced crayfish in Europe; *Freshwater Biology* 42: 111-119.