

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

**MIGRAČNÍ SCHOPNOSTI RAKA KAMENÁČE**  
DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Bc. Tereza Myslíková**

*Učitelství pro střední školy, obor biologie-tělesná výchova*

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

**Plzeň, 2016**

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

V Plzni, 29. 6. 2016

.....

vlastnoruční podpis

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D., za konzultace při zpracovávání diplomové práce. Děkuji za vstřícnost, cenné rady, připomínky a názory, kterých si velmi vážím. Také bych chtěla poděkovat za pomoc při statistickém zpracování dat, korektuře textu a za odborné vedení při práci v terénu.

Ráda bych také poděkovala rodině a přátelům za pomoc a obrovskou podporu během studia a při psaní diplomové práce.

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

# OBSAH

<b>OBSAH .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Úvod.....</b>	<b>7</b>
1. 1 Raci obecně.....	7
1. 1. 1 Původní druhy raků v Evropě.....	8
1. 1. 2 Nepůvodní druhy raků v Evropě .....	8
1. 1. 3 Raci v České republice .....	9
1. 2 Rak kamenáč.....	10
1. 2. 1 Rozlišovací znaky .....	10
1. 2. 2 Rozšíření v České republice .....	10
1. 2. 3 Rozšíření v Evropě .....	11
1. 2. 4 Habitat .....	11
1. 2. 5 Predátoři .....	12
1. 2. 6 Potrava.....	13
1. 2. 7 Rozmnožování a vývoj.....	13
1. 2. 8 Příčiny ohrožení .....	14
1. 2. 9 Ochrana raků, legislativa.....	15
1. 3 Migrace .....	16
1. 4 Cíle práce .....	18
<b>2 Metodika.....</b>	<b>19</b>
2. 1 Design experimentu .....	19
2. 2 Značení raků .....	20
2. 3 Zpětný odchyt .....	21
2. 4 Charakteristika toků.....	22
2. 5 Statistické vyhodnocení dat .....	23
<b>3 Výsledky .....</b>	<b>24</b>
3. 1 Efektivita zpětných odchytů .....	24

3. 2 Délková struktura.....	24
3. 2. 1 Délková struktura na jednotlivých tocích.....	25
3. 3 Frekvence migrací.....	30
3. 4 Délky migrací .....	31
3. 5 Velikostní kategorie kamenů na jednotlivých tocích.....	33
3. 6 Vztah mezi velikostí raka a velikostí kamene .....	34
3. 7 Migrační mapy.....	36
3. 8 Dlouhodobá migrace na Bzovském potoce.....	38
<b>4 Diskuze .....</b>	<b>39</b>
<b>5 Závěr.....</b>	<b>45</b>
<b>6 Resumé .....</b>	<b>48</b>
<b>7 Cizojazyčné resumé.....</b>	<b>49</b>
<b>8 Seznam literatury .....</b>	<b>50</b>
<b>9 Přílohy .....</b>	<b>55</b>
Příloha 1: Bzovský potok.....	55
Příloha 2: Huníkovský potok .....	57
Příloha 3: Chýlava .....	59
Příloha 4: Valdecký potok .....	61
Příloha 5: Bzovský potok – zpětně odchycení jedinci vyhodnocení migrace .....	62
Příloha 6: Huníkovský potok – zpětně odchycení jedinci vyhodnocení migrace.....	63
Příloha 7: Chýlava – zpětně odchycení jedinci vyhodnocení migrace .....	64
Příloha 8: Valdecký potok – zpětně odchycení jedinci vyhodnocení migrace .....	64

# 1 Úvod

## 1.1 Raci obecně

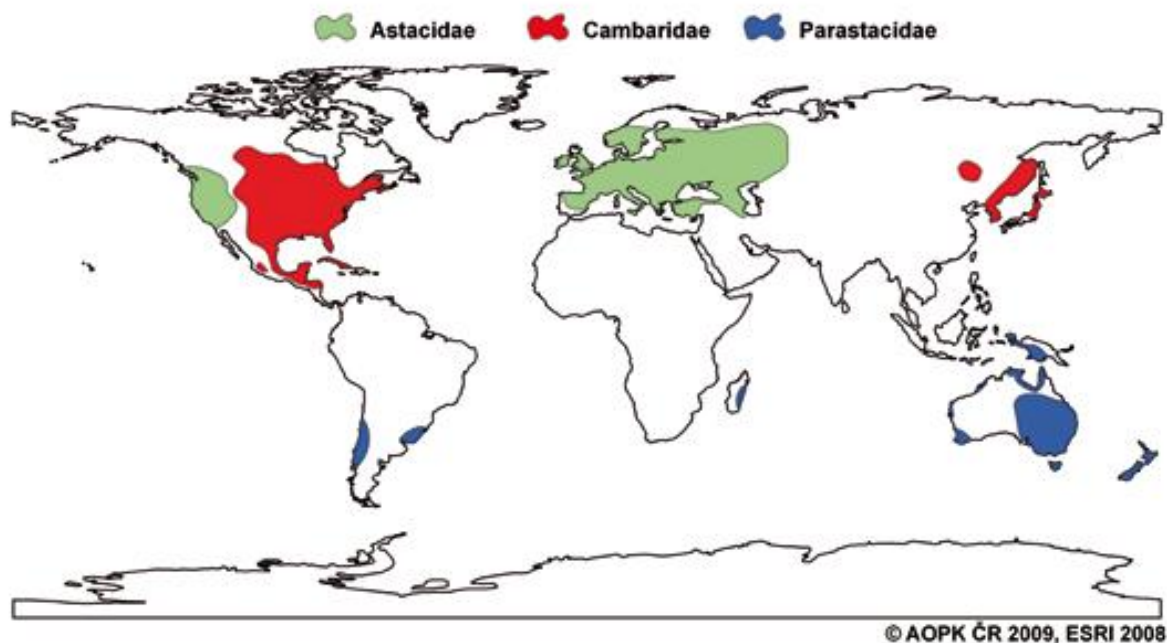
Raci tvoří významnou skupinu bezobratlých živočichů obývajících sladkovodní prostředí. Systematicky se řadí do skupiny korýšů Crustacea (Brünnich, 1772), kteří jsou charakterizováni přítomností pevného krunýře. Krunýř je vylučován pokožkou a slouží k ochraně měkkých částí těla a k úponu svalů (Holdich 2002a, Štambergová et al. 2009).

V akvatickém prostředí osidlují variabilní škálu biotopů. Vyskytují se v proudících tocích, od nejmenších potůčků až po mohutné řeky, včetně jejich ústí. Ve stojatých vodách obývají tůně, bažiny, jezera i rybníky (Holdich 2002a, Štambergová et al. 2009)

Podle Crandalla & Buhaye (2008) patří sladkovodní raci s více než 640 popsányými druhy mezi velice rozmanitou skupinu živočichů z řádu Decapoda (Latreille, 1802). Z taxonomického hlediska jsou raci rozdělováni do dvou nadčeledí. První nadčeď Astacoidea (Latreille, 1802) zahrnuje dvě čeledi, Astacidae (Latreille, 1802) a Cambaridae (Hobbs, 1942). Druhá nadčeď Parastacoidea (Huxley, 1879) zahrnuje pouze jedinou čeď Parastacidae (Huxley, 1879).

Areál výskytu nadčeledi Astacoidea představuje severní polokoule, nadčeď Parastacoidea naopak osidluje jižní polokouli (Štambergová et al. 2009). Výskyt raků je na většině kontinentů původní, chybí však na velké ploše Asie a Jižní Ameriky a přirozeně zcela chybí na kontinentálním území Antarktidy a Afriky. V poslední době však dochází k introdukci raků do nových oblastí, například do Afriky, Ruska, Číny a Ekvádoru (Holdich 2002a, 2002b, Štambergová et al. 2009).

Přirozený areál čeledi Astacidae je Evropa, západní Asie a západní území Severní Ameriky (Crandall & Buhay 2008). Druhově nejbohatší čeď Cambaridae je rozšířena v Severní Americe, přičemž severní hranice výskytu sahá až do jižní Kanady a jižní hranici tvoří státy Mexiko a Kuba. Do této čeledi rovněž patří několik rodů, které obývají oblasti ve východní Asii (Souty-Grosset et al. 2006, Štambergová et al. 2009). Oblast rozšíření poslední čeledi Parastacidae je Austrálie, Tasmánie, Nový Zéland a Papua-Nová Guinea. Do této čeledi náleží také endemický rod z Madagaskaru a rovněž 3 endemické rody z kontinentálního území Jižní Ameriky (Crandall & Buhay 2008, Štambergová et al. 2009).



**Obr. 1:** Areál výskytů čeledí Astacidae, Cambaridae a Parastacidae (převzato z publikace Raci v České republice; Štambergová et al. 2009, str. 24).

### 1. 1. 1 Původní druhy raků v Evropě

Evropská část Palearktu je na počet druhů astakofauny poměrně chudá. V Evropě se vyskytuje pouze 5 původních druhů z čeledi Astacidae ve dvou rodech (Štambergová et al. 2009, Kozák et al. 2014). Dle publikace od autorů Souty-Grosset et al. (2006) se jedná o druhy: rak říční *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758), rak bahenní *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), *Astacus pachypus* (Rathke, 1837), rak bělonohý *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) a rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schränk, 1803).

### 1. 1. 2 Nepůvodní druhy raků v Evropě

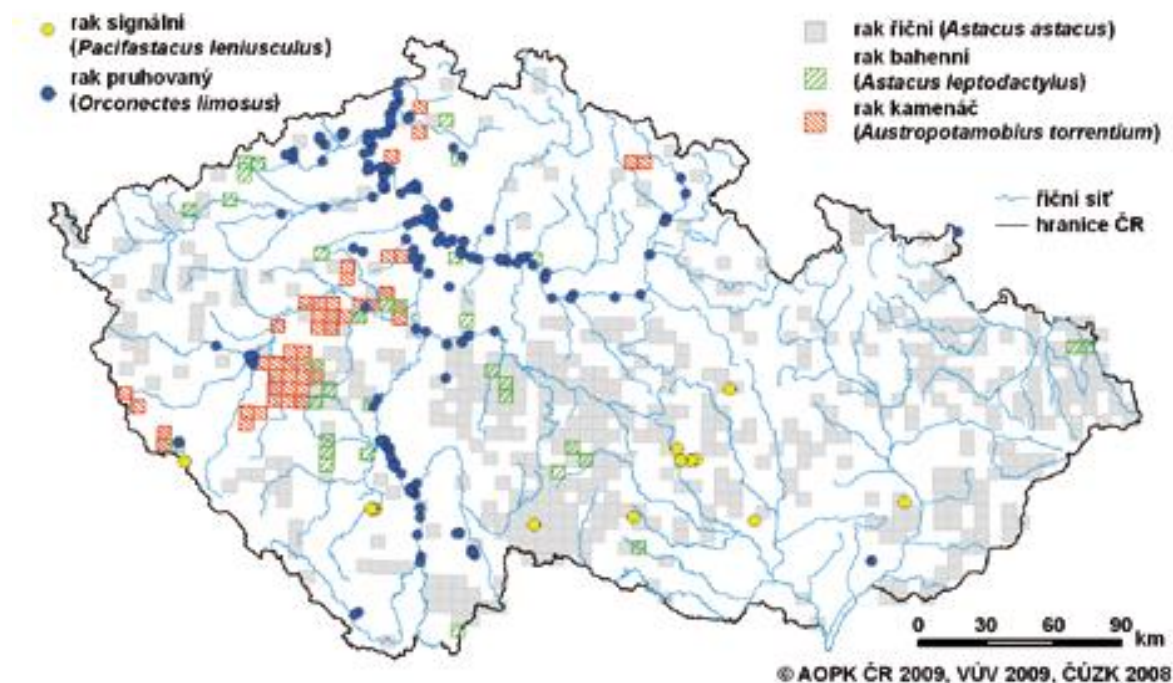
Na území Evropy lze ve volné přírodě najít celkem 10 druhů raků, kteří zde nejsou původní (Štambergová et al. 2009). Důvodem zavlečení nepůvodních druhů do evropských vod bylo zejména jejich hospodářské využití. V současné době se další nepůvodní druhy do volné přírody dostávají vypouštěním či únikem z akvariálních chovů (Kozák et al. 2014). Z čeledi Astacidae je na půdě evropského kontinentu evidován pouze jediný nepůvodní druh, rak signální *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852). Čeleď Parastacidae je zastoupena dvěma druhy australských raků, *Cherax destructor* (Clark, 1936) a *Cherax quadricarinatus*



(von Martens, 1868). Nejvíce alochtonních druhů v Evropě se řadí do čeledi Cambaridae: rak červený *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), *Procambarus acutus/zonangulus*, rak mramorovaný *Procambarus fallax* f. *virginalis* (Martin et al. 2010), rak pruhovaný *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817), *Orconectes immunis* (Hagen, 1870), *Orconectes virilis* (Hagen, 1870) a *Orconectes juvenilis* (Hagen, 1870). Introdukce těchto druhů na území Evropy má za následek negativní dopad na původní raky, respektive na celé ekosystémy (Souty-Grosset et al. 2006, Štambergová et al. 2009, Kozák et al. 2014).

### 1. 1. 3 Raci v České republice

V České republice je v současné době potvrzen výskyt 5 druhů raků (Štambergová et al. 2009, Kozák et al. 2014). Do evropské původní fauny patří tři druhy z čeledi Astacidae. Jmenovitě to jsou rak říční *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758), rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) a rak bahenní *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). Další dva druhy evidované na českém území jsou nepůvodní severoameričtí raci, rak signální *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) z čeledi Astacidae a rak pruhovaný *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) z čeledi Cambaridae.



**Obr. 2:** Přehled výskytu všech pěti druhů raků žijících na území České republiky, převzato z publikace Raci v České republice (Štambergová et al. 2009, str. 40).

## **1. 2 Rak kamenáč**

### **1. 2. 1 Rozlišovací znaky**

Dospělí samci raka kamenáče obvykle dorůstají velikosti 8-10 cm (Štambergová et al. 2009), někteří autoři (Souty-Grosset et al. 2006, Kozák et al. 2014) uvádí maximální velikost až 12 cm. Adultní samice dorůstají menších velikostí, zpravidla v rozmezí 6-9 cm. Dospělí samci mohou dosáhnout hmotnosti až 55 g při celkové délce těla 10-12 cm. Z evropských původních druhů je rak kamenáč považován za nejmenší a nejpomaleji rostoucí druh (Kozák et al. 2014).

Zbarvení raka kamenáče je poměrně variabilní. Svrchní strana těla je vybarvena v různých odstínech hnědé, šedozelené a béžové barvy, spodní strana těla je zpravidla světlejší (Kozák et al. 2014). Povrch karapaxu je hladký, trny ani hrbolky nejsou přítomny. Ventrální okraj antenální šupiny má pilovitý charakter (Štambergová et al. 2009), avšak u některých jedinců může mít i hladký vzhled (Kozák et al. 2014). Specifickým znakem raka kamenáče je přítomnost pouze jediného páru postorbitálních lišt na hlavohrudním štítu. Lišty jsou poměrně nízké a kaudálním směrem se vytrácejí. Rostrum je krátké, špička připomíná rovnostranný trojúhelník. Podélný kýl rostra není výrazný nebo může chybět a podélné strany rostra jsou hladké. Klepeta jsou vzhledem k celkové délce těla poměrně robustní a velká, nedorůstají však takové velikosti jako u raka říčního. Klepeta u samic jsou obvykle menší než u samců. Povrch klepet je drsný a stejného zbarvení jako tělo. Spodní strana klepet je zbarvena světle, nejčastěji béžově, s odstíny oranžové či růžové barvy (Štambergová et al. 2009, Kozák et al. 2014).

### **1. 2. 2 Rozšíření v České republice**

Na základě současných poznatků byl výskyt raka kamenáče potvrzen ze 41 vodních toků (Vlach et al. 2009b). Těžiště výskytu se nachází v Plzeňském a Středočeském kraji (Marianová, 2013). Výzkum z let 2007-2009 doložil výskyt zkoumaného druhu z povodí následujících řek: Radbúza a její přítok Zubřina, Úhlava (Kbelský a Přichovický potok), Úslava (Přešínský, Chocenický, Podhrázský, Mítovský, Mítovský levostranný přítok, Milínovský, Kornatický, Hrádecký, Božkovský potok, Bojovka a Bradava), Berounka (Bertínský potok), Klabava (Skořický, Skořický s pravostranným přítokem, Příkosický, Tisý, Holoubkovský, Hůrecký, Rakovský potok a Chýlava). V Plzeňském kraji se nachází

rovněž dvě populace, které náleží do povodní Dunaje, jmenovitě se jedná o Medvědí potok a Novosedlecký potok s levostranným přítokem (Vlach et al. 2009b).

Rozšíření tohoto druhu plynule přechází z Plzeňského do sousedícího Středočeského kraje. Populace raka kamenáče byly doloženy z povodí řek Berounky (Úpořský, Hořejší, Všenorský a Radotínský potok), Klabavy (Padrtůvský potok), Vltavy (Zákolanský potok) a z povodí říčky Litavky (Stroupínský, Bzovský a Kublovský potok) (Vlach et al. 2009b).

V Ústeckém kraji byl výskyt zaznamenán v povodí řeky Labe (Luční potok-Krkonoše, Luční potok-Podkrkonoší, Javornický, Bolkovský a Trojhorský potok) a řeky Ploučnice (Huníkovský potok). V povodí řeky Ploučnice byl výskyt zaznamenán také ve Valdeckém potoce, který je situován v Libereckém kraji (Vlach et al. 2009b).

### **1. 2. 3 Rozšíření v Evropě**

Rak kamenáč náleží do evropské původní astakofauny. Těžiště rozšíření je ve střední a jihovýchodní Evropě. Ve střední Evropě tvoří severní hranici výskytu především Německo, Česká republika a Polsko (Souty-Grosset et al. 2006; Marianová 2013). V těchto státech jsou jednotlivé populace vázány především na povodí velkých evropských řek Labe a Dunaje. Martin et al. (2008) ve svém výzkumu objevily nejseverněji položenou lokalitu výskytu raka kamenáče v Sasku nedaleko Drážďan (Německo). Souty-Grosset et al. (2006) vymezují západní hranici rozšíření, která sahá až do Francie a Lucemburska. Přírozenou hranici na jihu Evropy tvoří Alpy, Jaderské moře a Skadarské jezero (Štambergová et al. 2009). Jižní hranice rozšíření dále zahrnuje Balkánský poloostrov a končí v Soluňském zálivu. Oblast rozšíření uzavírá východní hranice, a to území západní části Rumunska a Bulharska (Souty-Grosset et al. 2006, Štambergová et al. 2009, Kozák et al. 2014). Jihovýchodní hranici rozšíření uzavírá evropská část Turecka (Harlioğlu & Güner 2007).

### **1. 2. 4 Habitat**

Rak kamenáč se vyskytuje v horních úsecích menších toků. Tento druh preferuje přirozené, neregulované toky, ve kterých se střídají rovné a meandrující partie (Štambergová et al. 2009). Někteří autoři zmiňují výskyt raka kamenáče i v regulovaných částech toku, konkrétně se jedná o lokality Bradava, Mítovský a Příchovický potok (Štambergová et al. 2009, Vlach et al. 2009b). Substrát vodotečí obývaných rakem kamenáčem je poměrně variabilní (Pöckl 1999, Renz & Breithaupt 2000). Autoři Fischer et. al (2004), Machino & Füreder (2005), Vlach et al. (2009a) se však shodují, že rak kamenáč upřednostňuje

hrubší substrát, tvořený štěrkovitým až kamenitým podkladem. Byly však nalezeny i populace v tocích s písčitým či bahnitým dnem, příkladem jsou Rakovský a Božkovský potok (Vlach et al. 2009b). Důležitým faktorem je přítomnost dostatečného množství kamenů a balvanů různých velikostí, které jedincům poskytují dostatečné množství vhodných úkrytů. Kromě kamenů a balvanů rak kamenáč jako úkryt využívá kořenové systémy příbřežní vegetace (Štambergová et al. 2009). Jako další možnost útočiště bylo na některých tocích (Zákolanský, Chocenický a Rakovský potok) pozorováno hloubení nor do jílovitých a bahnitých břehů (Mourek et al. 2006, Vlach et al. 2009a). Dostatek úkrytů umožňuje jednotlivcům schovat se před predátory a také je chrání při silném proudu (Streissl & Hödl 2002).

V České republice byl při výzkumu zjištěn společný výskyt raka kamenáče s dalšími druhy raků u nás žijících. Sympatrický výskyt s druhým původním druhem, rakem říčním *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) byl doložen na 9 tocích. Jmenovitě to jsou Zubřina, Bradava, Chocenický, Mítovský, Příkosický, Bzovský, Stroupínský a Zákolanský potok. Na Padrtšském potoce byl doložen sympatrický výskyt všech tří původních evropských druhů (rak kamenáč, rak říční a rak bahenní) žijících na území České republiky (Štambergová et al. 2009, Vlach et al. 2009b).

### **1. 2. 5 Predátoři**

Rak kamenáč je ve svém přirozeném prostředí ohrožován různými predátory (Štambergová et al. 2009). Stává se kořistí zejména zástupců lososovitých ryb, pstruha potočního *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758) a sivena amerického *Salvelinus fontinalis* (Mitchill, 1815). Podle studií Štambergové et al. (2009), Fischera et al. (2009) a Kozáka et al. (2014) představují další predátory lasicovité šelmy, konkrétně vydra říční *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) a v České republice nepůvodní norek americký *Mustela vison* (Schreber, 1777). Autoři Souty-Grosset et al. (2006), Fischer et al. (2009) zmiňují také další zástupce šelem, konkrétně lišku obecnou *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758) a mývala severního *Procyon lotor* (Linnaeus, 1758). Mezi predátory raka kamenáče se řadí také ptáci, kteří žijí či loví v blízkosti vodních toků. Jako příklad lze uvést volavku popelavou *Ardea cinerea* (Linnaeus, 1758) či ledňáčka říčního *Alcedo atthis* (Linnaeus, 1758), který se zaměřuje na juvenilní jedince (Štambergová et al. 2009, Kozák et al. 2014).

## **1. 2. 6 Potrava**

Rak kamenáč patří mezi omnivorní živočichy. Ve vodních ekosystémech plní velice důležitou roli. Působí v roli konzumenta, predátora drobných živočichů a zároveň je složkou jídelníčku jiných živočichů (Kozák et al. 2014). Majoritní složku potravy u raka kamenáče tvoří detrit, řasové porosty, makrofyta, bezobratlí, ryby a jikry. Složení stravy se v průběhu života raků mění. Různý způsob příjmu potravy v průběhu života má za následek přizpůsobení ústní dutiny. Juvenilní jedinci získávají potravu filtrováním drobných částic, především bezobratlých živočichů a vodních řas. U starších raků tvoří významnou část potravy detrit a vodní rostliny (například parožnatka, vodní mor kanadský či růžkatec). Pro tento typ potravy je ústní dutina přizpůsobena k drcení. Složení potravy se v přirozeném prostředí v průběhu roku mění. Mezi důležité faktory patří aktuální potravní nabídka na dané lokalitě, fáze svlékání a rozmnožování (Kozák et al. 2014).

## **1. 2. 7 Rozmnožování a vývoj**

Reprodukce u raka kamenáče probíhá v podzimních měsících, od října do listopadu (Štambergová et al. 2009). Pohlavně zralí jedinci v tomto období zvyšují svou aktivitu a vyhledávají vhodného partnera. Rozmnožovací chování ovlivňuje mnoho podnětů, nejvíce fotoperioda, teplota vody, hormonální řízení a také feromony (Kozák et al. 2014). Po nalezení vhodného partnera dochází ke kopulaci. Pro úspěšné páření je důležité, aby k sobě jedinci byli nasměrováni abdominální stranou těla. Úkolem samce je přetočit samici na karapax a v této pozici ji přidržit pomocí klepet. Poloha samice na zádech samci umožňuje přilepit spermatofoxy do blízkosti párových pohlavních vývodů na 3. páru pereopodů. Spermatofoxy zde zůstávají až do doby kladení vajíček (Štambergová et al. 2009).

Po procesu páření nastává fáze kladení vajíček. Samice ohýbá zadeček pod hlavohruď a tím pro vajíčka vytváří dutinu. V době páření uzrávají na břišní straně samice světle zbarvené bílkovinné žlázy. Bílkovinné žlázy produkují sekret narušující stěnu spermatorů, z nichž se uvolňují nepohyblivé spermie. Následně se samice otáčí na karapax a pohlavními vývody na bázi 3. páru pereopodů vytlačuje vajíčka. Dochází ke splynutí vajíček se slizovitým obsahem dutiny. Jedná se o vnější oplození nepohyblivými spermii. Hmota uvnitř dutiny postupně ztuhne a vajíčka jsou tenkými vlákny připojena k pleopodům samice. Samice o vajíčka pečuje až do jara následujícího roku, zajišťuje jim ochranu před predátory a dostatek kyslíku (Štambergová et al. 2009).

Na jaře je dokončen vývoj vajíček a dochází k líhnutí juvenilních ráčků. Vývoj u raků je přímý, larvální stadium není přítomno. Termín líhnutí je závislý na teplotě vody, nadmořské výšce a zeměpisné šířce (Štambergová et al. 2009).

Souty-Grosset et al. (2006) datuje líhnutí raka kamenáče od května do poloviny července. Po vylíhnutí zůstávají ráčci stopkou připojeni k nožkám samice. Vylíhlá ráčata jsou zprvu nepohyblivá a jsou vyživována ze žloutkového vajíčku. Spojení zůstává až do svlékání samice, po kterém se osamostatňují (Štambergová et al. 2009). Počet vajíček v jedné snůšce závisí na velikosti samice, obecně se však pohybuje v rozmezí 40-100 vajíček (Štambergová et al. 2009).

Rak kamenáč se dožívá až 10 let. Pohlavně dozrávají ve 2. až 4. roce, kdy se délka těla pohybuje mezi 35 a 50 mm (Souty-Grosset et al. 2006).

### **1. 2. 8 Příčiny ohrožení**

Rak kamenáč je ohrožován působením mnoha negativních faktorů. V současné době dochází k úbytku přirozených biotopů, což je často způsobené lidskou činností (Štambergová et al. 2009). Mezi nejzávažnější faktory patří znečištění toků (Füreder et al. 2003, Štambergová et al. 2009). Některé výzkumy z posledních let ovšem naznačují, že rak kamenáč je zřejmě k některým typům organického znečištění více odolný (Svobodová et al. 2012). Další příčinou ohrožení je nevhodná úprava vodních toků. Dílem člověka vznikají regulované toky, ve kterých chybí přirozené meandrující úseky. Koryto je často nevhodným způsobem upravené, dno bývá pokryté bahnitým či jílovitým substrátem. Dno toku naopak postrádá kameny a oblázky, které tvoří životně důležité úkryty pro raka kamenáče. Dochází také k nevhodnému zpevnování břehů a odstraňování příbřežní vegetace, která rakům taktéž poskytuje útočiště (Štambergová et al. 2009). Významným problémem je také intenzivní hospodářství a zanášení toků sedimenty (Štambergová et al. 2009, Svobodová et al. 2012).

Rak kamenáč je také ohrožován zvýšeným predacním tlakem ze strany jiných živočichů. Nebezpečí tomuto druhu hrozí například v lokalitách, ve kterých je nadměrně vysazován pstruh potoční (*Salmo trutta m. fario*). Velice negativní vliv má také norek americký (*Mustela vison*), invazivně se šířící lasicovitá šelma (Fischer et al. 2009, Štambergová et al. 2009).

Největším nebezpečím pro raka kamenáče, a další zástupce autochtonní astakofauny, konkurence ze strany severoamerických raků. Rak signální *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) a rak pruhovaný *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) totiž působí jako nebezpeční přenašeči račího moru. Račí mor je onemocnění způsobené parazitickou oomycetou *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1906). Pro evropské původní druhy raků je toto onemocnění smrtelné, zatímco severoameričtí raci jsou vůči račímu moru více odolní. Imunitní reakce invazních druhů raků dokáže omezit růst parazita v kutikule a nedovolí mu dále prorůst do těla. Parazit však zůstává živý, může se i nadále rozmnožovat a uvolňovat zoospory do vody. Tímto způsobem dochází k přenosu infekce na další hostitele (Kozák et al. 2014). Výzkumy z posledních let potvrzují, že mnoho populací nepůvodních severoamerických raků je trvalými zdroji račího moru (Kozubíková et al. 2009). Onemocnění obvykle zahubí jedince původních druhů raků během několika dnů až týdnů. Během týdnů až měsíců může dojít k vyhubení celé populace (Kozák et al. 2014).

### **1. 2. 9 Ochrana raků, legislativa**

V Červeném seznamu ohrožených druhů České republiky je rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) zařazen do kategorie kriticky ohrožený druh (Štambergová et al. 2005). V mezinárodním měřítku vydává Světový svaz ochrany přírody, IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) obdobný seznam nejohroženějších organismů na Zemi. Tento celosvětový Červený seznam ohrožených druhů (IUCN 2009) řadí raka kamenáče *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) mezi zranitelné druhy (Štambergová et al. 2009).

Rak kamenáč je předmětem zájmu také na poli různých mezinárodních dohod. Příkladem je Úmluva o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats) tzv. Bernská úmluva (Bern, 1979). V této významné mezinárodní úmluvě je rak kamenáč uveden v příloze III. v kategorii chráněné druhy živočichů (Štambergová et al. 2009).

## 1. 3 Migrace

Znalost individuálních pohybových vzorců u každého druhu je klíčová pro pochopení schopnosti dané populace šířit se do nových oblastí (Lockwood et al. 2005). Současné studie ukazují, že detailní znalost pohybových vzorců a migrace živočichů je užitečná například k předpovědi možného šíření invazních druhů. Invazní druhy, například severoameričtí raci v Evropě, mohou migrovat do útočišť původních druhů raků a tím je přímo ohrožovat. Využití znalostí o migraci a aktivitě invazních druhů může posloužit jako prevence k ochraně původních druhů raků (Bubb et al. 2006a).

Studii zabývajících se migrační aktivitou u invazních druhů je celá řada. Na pohyb raka signálního *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) se ve svých výzkumech zaměřila hned několik autorů (Bubb et al. 2004, 2005, 2006a, Hudina et al. 2011, Moorhouse & MacDonald 2011, Wutz & Geist 2013). Dalším invazním druhem, u kterého autoři zjišťovali aktivitu a migrace je rak pruhovaný *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (Kozák et al. 2004, Buřič et al. 2009a, Buřič et al. 2009b, Hirsch et al. 2016). Migrační aktivitu raka červeného *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), sledovali autoři (Gherardi et al. 2000, Gherardi et al. 2002, Kerby et al. 2005).

Problematika zabývající se aktivitou a migrací původních druhů raků není příliš prozkoumána. Rak bělonohý *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) byl studován za účelem poznání pohybových vzorců v chování a šíření druhu (Gherardi et al. 1998, Robinson et al. 2000, Bubb et al. 2006b). Schopnost migrace raka říčního *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) zmiňuje několik autorů (Bohl 1999, Schütze et al. 1999, Sint & Füreder 2004, Pöckl & Streissl 2005, Hudina et al. 2008, Kadlecová et al. 2012, Římalová & Bílý 2013). Tematika migračních schopností raka kamenáče *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) byla prozatím sledována jen v několika málo studiích (Pöckl & Streissl 2005, Kadlecová et al. 2012, Římalová & Bílý 2013). Z výzkumů o migraci raka kamenáče vyplývá, že tento druh zůstává na lokalitě v blízkosti svých úkrytů. Za den urazí pouze několik metrů (Pöckl & Streissl 2005, Kadlecová et al. 2012). Nejdelší zaznamenaný pohyb raka kamenáče měřil 133 m (Kadlecová et al. 2012, Římalová & Bílý 2013).

Pohybové aktivity raků jsou zapříčiněny několika faktory. Mezi ty nejdůležitější patří reprodukce, predace, potravní nabídka, hledání nových vhodných úkrytů, svlékání a reakce na aktuální abiotické změny prostředí (Webb & Richardson 2004).



K nejčastějším pozorovaným jevům v souvislosti s migrační aktivitou raků patří rychlost šíření populace sledovaného druhu (Bubb et al. 2004, Bubb et al. 2006a), směr migrace, po proudu či proti proudu (Kadlecová et al. 2012, Římalová & Bílý 2013), závislost velikosti a pohlaví (Wutz & Geist 2013) na migraci. Dále byly sledovány rozdíly v sezónní aktivitě (Gherardi et al. 2000, Bubb et al. 2004, Buřič et al. 2009a) nebo také rozdíl v denní a noční aktivitě a migraci (Hirsch et al. 2016). Několik autorů se také zabývalo studiem bariér a limitujících faktorů, které mohou inhibovat pohyb raků (Kerby et al. 2005, Římalová & Bílý 2013). Některé studie zabývající se aktivitou raků (Gherardi et al. 1998; Robinson et al. 2000, Hirsch et al. 2016) upozorňují na zajímavou behaviorální teorii. Jedná se o pohybové vzorce raků v důsledku hledání potravy v proudících vodách. Tato teorie se nazývá „ephemeral home range“ a pohyb raků vysvětluje následovně. Po nalezení vhodného úkrytu v oblasti s dostatkem potravy jedinci zůstávají několik dnů na stejném místě, ve svém úkrytu. Během této doby nabírají energii a na několik dní tak dochází ke snížení aktivity. Po určité časové periodě se opět vydávají na cestu. Migrují do nových lokalit bohatých potravní zdroje, přičemž jsou schopni překonat i značné vzdálenosti (Gherardi et al. 1998; Robinson et al. 2000; Hirsch et al. 2016).

Studie zabývající se migrací raků byly prováděny v Evropě, Americe (Kerby et al. 2005, Moorhouse & MacDonald 2011) a dokonce také u největšího žijícího raka na světě, *Astacopsis gouldi* (Clark, 1936) v Tasmánii (Webb & Richardson 2004). Na území evropského kontinentu byla schopnost migrace studována hned v několika zemích. Nejvíce však v České republice (Kozák et al. 2004, Buřič et al. 2009a, Kadlecová et al. 2012, Římalová & Bílý 2013), v Německu (Wutz & Geist 2013), v Anglii (Bubb et al. 2002, Bubb et al. 2004, 2005, 2006a, b), v Itálii (Gherardi et al. 1998, Gherardi et al. 2000) a v Chorvatsku (Hudina et al. 2008, Hudina et al. 2011).

## 1. 4 Cíle práce

### Hlavní cíl práce:

- Vyhodnocení krátkodobé migrace raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) na čtyřech vybraných lokalitách.

### Dílčí cíle práce:

- Vyhodnocení frekvence migrací v závislosti na pohlaví.
- Vyhodnocení frekvence migrace v závislosti na směru.
- Vyhodnocení délek migrací.
- Porovnání délkové struktury vzorku raků na jednotlivých tocích.
- Porovnání zastoupení velikostních kategorií kamenů na jednotlivých tocích.
- Dlouhodobá migrace na Bzovském potoce.

## 2 Metodika

Výzkum probíhal v srpnu, září a říjnu roku 2015. Data byla získána celkem ze 4 lokalit. v Plzeňském (Chýlava), Středočeském (Bzovský potok), Libereckém (Valdecký potok) a Ústeckém kraji (Huníkovský potok). Terénní práce probíhaly v těchto termínech: Bzovský potok (14.-15. 9.), Huníkovský potok (10.-11. 8.), Chýlava (5.-6. 10.) a Valdecký potok (10.-11.8.).

### 2. 1 Design experimentu

Jako výzkumné pole na jednotlivých stanovištích byl zvolen vhodný třicetimetrový úsek toku. Vybraný sektor byl vyměřen pomocí pásma, na kterém byly vyznačeny jednotlivé metry. Na daném sektoru byly metodou ručního odchytu prohledány veškeré možné úkryty. Nejčastějším úkrytem byly kameny o různé velikosti. Dále byly prohledány nory a kořeny příbřežní vegetace.

U každého odchyceného jedince byla stanovena přesná poloha nálezu. V záznamu byl uveden podélný profil (vzdálenost na vyznačeném třicetimetrovém úseku, udávána v metrech), příčný profil (vzdálenost od břehu, udávána v cm) a velikost úkrytu, pod kterým byl rak nalezen. Úkryt raků tvořily v drtivé většině kameny. Kameny byly rozděleny podle velikosti do 5 velikostních kategorií: 0-5 cm, 5-8 cm, 8-15 cm, 15-30 cm, >30 cm). Po zaznamenání sledovaných údajů byl každý odchycený rak uložen na břeh v plastovém kelímku s vodou.

Dalším krokem terénního výzkumu bylo determinace a značení raků uložených na břehu. U každého odchyceného exempláře bylo určeno pohlaví a změřena celková délka těla (v mm). Na základě měření bylo stanoveno 5 velikostních kategorií (0-15 mm, 15,1-30 mm, 30,1-60 mm, 60,1-90 mm, >90 mm). Raci nejmenších velikostní kategorie 0-15 mm, tedy juvenilní ráčata nebyli do výzkumu krátkodobé migrace zařazeni. Důvodem byla náročnost značení takto drobných jedinců. Po zaznamenání všech informací následovalo značení jedinců. Každý označený rak byl poté vrácen na přesné místo předchozího nálezu, do totožného úkrytu.

## 2. 2 Značení raků

Ve studii bylo použito interní značení za pomoci elastomer (Visible Implant Elastomers tags – VIE). Elastomery jsou navenek viditelné značky, které jsou u raků implantovány pod průhlednou kutikulu na spodní části abdomenu. Elastomery umožňují vytvořit na těle raka binární kód, který slouží k identifikaci jedince (Buřič et al. 2008).

Elastomery se skládají ze dvou složek, které se před použitím smíchají. Po smíchání obsahu vznikne dočasná tekutina, která je za pomoci injekční stříkačky vpravena do těla značeného jedince. V tkáni daného organismu se posléze změní v pevnou viditelnou látku. Značky jsou přítomny v několika fluorescenčních a ne fluorescenčních barvách. Výhodou elastomer je jejich viditelnost při běžném denním světle, stálost barev, možnost použití i u velmi malých živočichů a rychlá aplikace. Pozitivní je také minimální dopad na přežití, růst a chování sledovaných jedinců. Dalším pozitivem je to, že se jedná o biokompatibilní látky. Za nevýhodu lze považovat nízkou kódovací kapacitu. Pro účely této studie však kódovací kapacita byla dostačující (Buřič et al. 2008, Kozák et al. 2014).



**Obr. 3.** Jedinec raka kamenáče označený binárním kódem pomocí VIE. Prázdné místo indikuje 0, barevná tečka v segmentu 1 (kód tohoto jedince: 00001111)

## 2. 3 Zpětný odchyt

Druhý den (po 24 hodinách) následoval zpětný odchyt značených raků. Ve výzkumném poli byly metodou ručního odlovu prohledány veškeré možné úkryty. Cílem bylo nalézt co nejvíce značených exemplářů. Odchycení značení jedinci byli opět uloženi do plastových kelímků na břeh a stejně jako předchozí den byla zaznamenána jejich přesná poloha. Údaje o místě nálezů z obou odlovů byly poté porovnány a byla zjištěna krátkodobá migrace raka kamenáče na každé lokalitě.

Nalezení neznačení raci byli dočasně deponováni do plastového kbelíku. U neznačených raků bylo rovněž určeno pohlaví, změřena celková délka těla a následně byli vypuštěni zpět do vodního toku. Na základě získaných dat z obou odlovů byla vyhodnocena délková struktura populace na jednotlivých tocích.



**Obr. 4.** Experimentální design na Bzovském potoce (plastové kelímky slouží k deponování raků).

## **2. 4 Charakteristika toků**

### **Bzovský potok**

Bzovský potok pramení ve výšce 423 m. n. m v blízkosti obcí Bzová a Březová ve Středočeském kraji. Délka samotného toku je 3,1 km a poté se v nadmořské výšce 310 m. n. m zleva vlévá do Stroupínského potoka. Bzovský potok je součástí povodí říčky Litavky (Vlach et al 2009b).

### **Huníkovský potok**

Huníkovský potok pramení ve výšce 335 m. n. m. a protéká mezi obcemi Huníkov a Kerhartice v Ústeckém kraji. Délka toku je 3,4 km, poté zprava ústí do Bystré ve výšce 282 m n. m. Huníkovský potok je součástí povodí řeky Ploučnice (Vlach et al. 2009b, Valdmanová 2013).

### **Chýlava**

Potok Chýlava (též Chejlava) pramení ve výšce 489 m n. m. nedaleko obce Těškov v okrese Rokycany. Poblíž obce Svojkovice ústí ve výšce 396 m. n. m do Holoubkovského potoka. Celková délka toku je 6,4 km a je součástí povodí řeky Klabavy (Vlach et al. 2009b, Marianová 2013).

### **Valdecký potok**

Valdecký potok pramení ve výšce 340 m v blízkosti obce Novosedlo v Libereckém kraji. Délka toku je 5,4 km, poté se zleva vlévá do řeky Ploučnice (Vlach et al. 2009b).

## 2. 5 Statistické vyhodnocení dat

Na jednotlivých tocích byla vyhodnocena délková struktura populací. Pro každou lokalitu byla sestavena tabulka se základními popisnými charakteristikami. V tabulce byla zaznamenána průměrná délka těla raků, směrodatná odchylka, maximální a minimální velikost jedince. Statistické a grafické zpracování délkové struktury vzorku raků bylo vyhotoveno prostřednictvím jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA).

Vyhodnocení délek migrací na jednotlivých tocích byla realizována prostřednictvím Kruskal-Wallisova testu mnohonásobného porovnání. Shodným způsobem byl zjišťován rozdíl v délce migrací v závislosti na pohlaví.

Dalším zkoumaným faktorem byl směr migrací. Raci byli rozděleni do tří skupin: migrující po proudu, proti proudu a nemigrující. Pro zjištění frekvence migrací v daných směrech byl použit  $\chi^2$  (Yatesova transformace). Stejným testem byl zjišťován rozdíl ve frekvenci migrací v závislosti na pohlaví. Chí-kvadrát test dobré shody ( $\chi^2$ ) byl realizován pomocí online přístupné verze dostupné na internetových stránkách [www.quantpsy.org](http://www.quantpsy.org).

Dále byla vyhodnocována struktura kamenů na jednotlivých tocích. Kameny byly rozděleny do 5 velikostních kategorií: 1. 0-5cm, 2. 5-8 cm, 3. 8-15 cm, 4. 15-30 cm, 5. < 30 cm. Pro přehlednost byl vytvořen a histogram zastoupení zmíněných kategorií na jednotlivých tocích. Pomocí Yatesovy transformace  $\chi^2$  testu bylo hodnoceno poměrové zastoupení struktury úkrytu na jednotlivých tocích.

Vztah mezi velikostí raka a velikostí kamene byl zjišťován prostřednictvím jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA). Pro grafické znázornění byly ke každé lokalitě vytvořeny box ploty.

V tabulkovém procesoru Microsoft Excel Office 2007 byly za pomoci bublinkového grafu sestaveny migrační mapy. Migrační mapy znázorňují individuální migraci zpětně odchycených značených jedinců na jednotlivých tocích.

Veškeré statistické testy byly realizovány na 5% hladině významnosti.

## 3 Výsledky

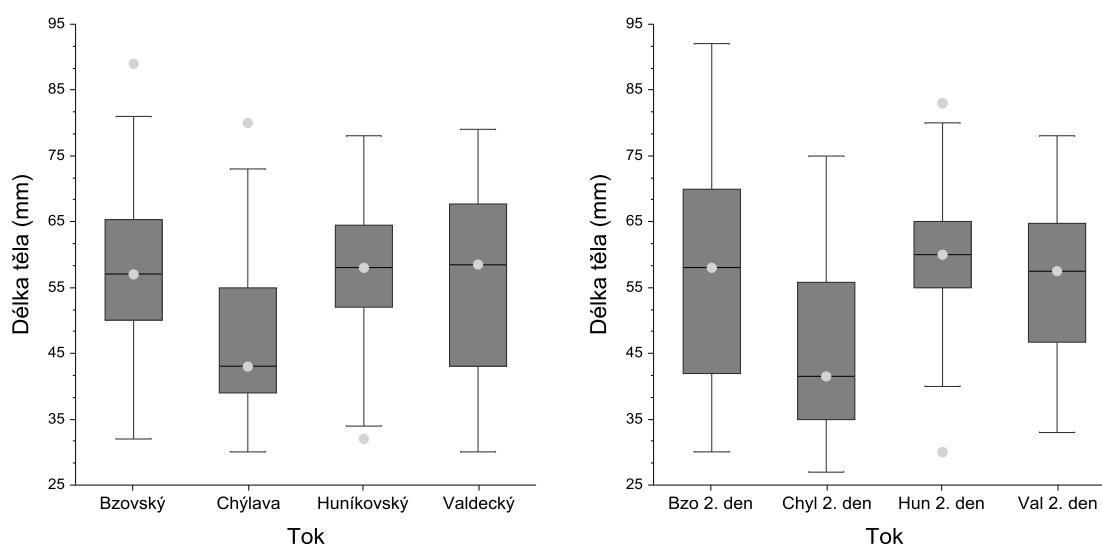
### 3.1 Efektivita zpětných odchyť

Celkový počet odchycených raků ze všech lokalit při prvním dnu odlovů čítal 234 raků: Bzovský potok 74 jedinců, Chýlava 59 jedinců, Huníkovský potok 57 jedinců a Valdecký potok 44 jedinců. Těchto 234 jedinců bylo při odchyťu označeno pomocí elastomer VIE.

Souhrnný součet odchycených raků při druhém dnu odlovů čítal 235 raků. Na Bzovském potoce bylo druhý den odchyceno nejvíce raků za jeden den vůbec, celkem 92 exemplářů. Z počtu 92 jedinců bylo 17 značených raků (úspěšnost zpětného odchyťu 24,32 %). Další lokality a počty zpětně odchycených označených raků byly následující: Huníkovský potok (69 z toho 14 značených; 24,56 %), Valdecký potok (38 z toho 15 značených; 34,09 %) a Chýlava (34 z toho 9 značených; 15,25 %).

### 3.2 Délková struktura

Na základě statistické analýzy rozptylu byla vyhodnocena délková struktura ze všech lokalit. Bylo zjištěno, že rozdíl v délkové struktuře v první den odlovů na jednotlivých tocích byl statisticky významný (ANOVA,  $F = 9,78$ ,  $P < 0,01$ ) viz obr. č. 5 (vlevo). Rozdíly v délkové struktuře vzorku raků v druhý den odlovu byly rovněž statisticky významné (ANOVA,  $F = 8,00$ ,  $P < 0,01$ ) viz obr. č. 5 (vpravo).



**Obr. 5:** Boxploty znázorňující celkovou délku těla odchycených jedinců na jednotlivých tocích (vlevo) první den odlovu, (vpravo) druhý den odchyťu.



### 3. 2. 1 Délková struktura na jednotlivých tocích

#### Bzovský potok

Výzkumný vzorek raků na Bzovském potoce obsahoval 74 jedinců v prvním dnu a 92 jedinců v druhém dnu. Průměrná délka těla v první den odlovů čítala 57,03 (SD = 12,18; 32-89) mm a v druhý den 56,05 (SD = 16,21; 30-92) mm. Rozdíl v délkové struktuře prvního a druhého dne odchytů nebyl statisticky významný (ANOVA  $F = 0,00$ ;  $P = 0,968$ ). Po shrnutí všech dat z obou dnů měla průměrná délka těla raků hodnotu 56,4 (SD = 14,3) mm. Největší samice měřila 89 mm, samec 92 mm. Nejmenší samice měřila 32 mm a samec 30 mm.

**Tab. 1:** Základní popisné charakteristiky délkové struktury na Bzovském potoce

Den odchyty	14. 9.	15. 9.	Celkem
průměr (mm)	57,03	56,05	56,54
SD (mm)	12,18	16,21	14,3
max (mm)	89	92	92
min (mm)	32	30	30

Z tabulky č. 2 lze vyčíst početní zastoupení jednotlivých velikostních kategorií. Majoritní většina raků spadá do rozmezí celkové délky těla 30,1-90 mm. Nejvyšším počtem jedinců je zastoupena velikostní kategorie 30,1-60 mm (48 raků první den, 48 raků druhý den). Velikostní kategorie nad 90 mm byla na Bzovském potoce zastoupena dvěma jedinci, současně se jedná o největší pozorované exempláře v této studii.

**Tab. 2:** Zastoupení délkových kategorií v první a druhý den odchyty na Bzovském potoce

Délka těla (mm)	14. 9.	15. 9.
0-18	0	0
18,1-30	0	1
30, 1-60	48	48
60, 1-90	26	41
> 90	0	2

## Huníkovský potok

Výzkumný vzorek raků na Huníkovském potoce zahrnoval 57 jedinců v prvním dnu a 69 jedinců v druhém dnu. Průměrná délka těla v první den odlovů čítala 56,84 (SD = 9,63; 32-78) mm a v druhý den odlovů 59,51 (SD = 10,27; 30-83) mm. Rozdíl v délkové struktuře prvního a druhého dne odchyťů nebyl statisticky významný (ANOVA  $F = 2,19$ ;  $P = 0,142$ ). Po shrnutí všech dat z obou dnů odlovů měla průměrná délka hodnotu 58,30 (SD = 10,08; 30-83) mm. Největší nalezená samice měřila 78 mm, samec 83 mm, nejmenší samice 30 mm a nejmenší samec 32 mm.

**Tab. 3:** Základní popisné charakteristiky délkové struktury na Huníkovském potoce

Den odchyty	10. 8.	11. 8.	celkem
průměr (mm)	56,84	59,51	58,30
SD (mm)	9,63	10,27	10,08
max (mm)	78	83	83
min (mm)	32	30	30

Tabulka číslo 4 znázorňuje početní zastoupení jednotlivých velikostních kategorií. Nejvyšší počet raků spadá do velikostní kategorie 30,1-60 mm (37 raků první den, 42 raků druhý den). Velikostní kategorie nad 18,1-30 mm byla na Huníkovském potoce zastoupena dvěma jedinci nalezenými druhý den odlovů, v obou případech se jednalo o samice velké 30 mm.

**Tab. 4:** Zastoupení délkových kategorií v první a druhý den odchyty na Huníkovském potoce

Délka těla (mm)	10. 8.	11. 8.
0-18	0	0
18,1-30	0	2
30,1-60	37	42
60, - 90	20	25
> 90	0	0

## Chýlava

Výzkumný vzorek raků na potoce Chýlava byl 59 jedinců v prvním dnu a 34 jedinců v druhém dnu. Průměrná délka těla v první den odlovů čítala 46,85 (SD = 11, 95; 30-80) mm a v druhý den odlovů 45,08 (SD = 13, 37; 27-75) mm. Rozdíl v délkové struktuře prvního a druhého dne odchyťů nebyl statisticky významný (ANOVA  $F = 0,13$ ;  $P = 0,715$ ). Po shrnutí všech dat z obou dnů měla průměrná délka těla raků hodnotu 46,48 (SD = 12,6; 27-80) mm. Největší nalezená samice měřila 80 mm a samec rovněž 80 mm. Nejmenší samice 30 mm a nejmenší samec 27 mm.

**Tab. 5** Základní popisné charakteristiky délkové struktury na potoce Chýlava

Den odchyty	5. 10.	6. 10.	Celkem
průměr (mm)	46,85	45,85	46,48
SD (mm)	11,95	13,37	12,50
max (mm)	80	75	80
min (mm)	30	27	27

V tabulce č. 6 je znázorněno početní zastoupení jednotlivých velikostních kategorií. Nejvyšší počet raků spadá do velikostní kategorie 30,1-60 mm (46 raků první den, 27 raků druhý den). Velikostní kategorie nad 18,1-30 mm byla na potoce Chýlava zastoupena dvěma jedinci nalezenými v prvním den odlovů a jedním exemplářem z druhého dne. Početní zastoupení v rozmezí 18,1-30 mm je na tomto toku nejvyšší ze všech (3 jedinci). Největší početní zastoupení spadá do velikostní kategorie 30,1-60 mm (46 raků první den, 27 raků druhý den).

**Tab. 6:** Zastoupení délkových kategorií v první a druhý den odchyty na potoce Chýlava

Délka těla (mm)	5. 10.	6. 10.
0-18	0	0
18,1-30	2	1
30,1-60	46	27
60,1-90	11	6
> 90	0	0

## Valdecký potok

Výzkumný vzorek raků na Valdeckém potoce tvořilo 44 jedinců v prvním dnu a 38 jedinců v druhém dnu. Průměrná délka těla v první den odlovů čítala 55,89 (SD = 14,34; 30-79) mm a v druhý den odlovů 55,95 (SD = 13,25; 33-78) mm. Rozdíl v délkové struktuře prvního a druhého dne odchytů nebyl statisticky významný (ANOVA  $F = 0,00$ ; 0,984). Po shrnutí všech dat z obou dnů měla průměrná délka hodnotu 55,92 (SD = 13,84; 30-79) mm. Největší nalezená samice měřila 78 mm a samec 79 mm. Nejmenší samice měřila 33 mm a nejmenší samec 30 mm.

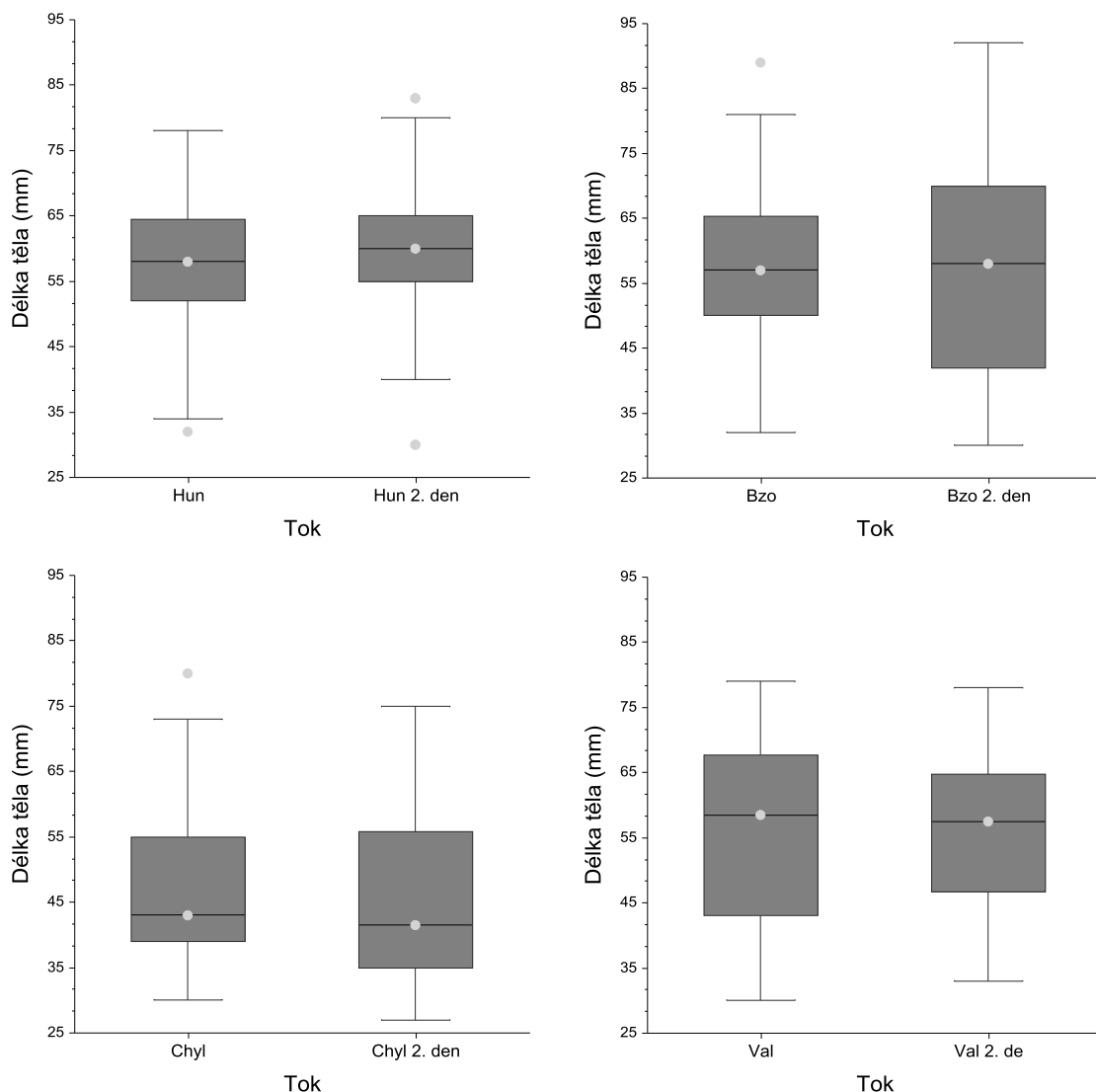
**Tab. 7** Základní popisní charakteristiky délkové struktury na Valdeckém potoce

Den odchyty	10. 8.	11. 8.	Celkem
průměr (mm)	55,89	55,95	55,91
SD (mm)	14,34	13,25	13,84
max (mm)	79	78	79
min (mm)	30	33	30

Početni zastoupení jednotlivých velikostních kategorií je vyobrazeno v tabulce č. 8. Nejvyšší počet raků spadá do velikostní kategorie 30,1-60 mm (25 raků první den, 23 raků druhý den). Velikostní kategorie 18,1-30 mm byla na Valdeckém potoce zastoupena pouze jediným samcem s délkou těla 30 mm.

**Tab. 8** Zastoupení délkových kategorií v první a druhý den odchyty na Valdeckém potoce.

Délka těla (mm)	10. 8.	11. 8.
0-18	0	0
18,1-30	1	0
30,1-60	25	23
60,1-90	18	15
>90	0	0



**Obr. 6:** Boxploty znázorňující porovnání délkové struktury v první a druhý den odlovu: (vlevo nahoře): Huníkovský potok, (vpravo nahoře) na Bzovský potok, (vlevo dole) Chýlava, (vpravo dole) Valdecký potok.

Ve výzkumu bylo též hodnoceno, zda se délková struktura v první a druhý den odlovů liší. Na základě statistické analýzy nebyl v prvním a druhém dnu shledán statisticky významný rozdíl (ANOVA,  $P > 0,05$ ). Drobné odlišnosti v hodnotách mediánu jsou však patrné (viz obr. 6). V případě Bzovského potoka je vidět nárůst, kdy první den měl medián hodnotu 58,5 mm a druhý den 60 mm. Huníkovský potok rovněž zaznamenal zvýšení hodnoty mediánu, první den 58,5 mm a druhý den 60 mm. Na potoce Chýlava naopak došlo ke snížení hodnoty mediánu, první den 43 mm a 2. den 41,5 mm. Toto číslo je zároveň nejnižší hodnota mediánu ze všech toků, z obou dnů odchyťů. Valdecký potok zaznamenal nejmenší rozdíl, kdy první den byla hodnota mediánu 58,5 mm a druhý den 57,5 mm.

### 3. 3 Frekvence migrací

Pomocí testu dobré shody byla vyhodnocena frekvence migrací raků na sledovaných lokalitách. Jako první byla sledována četnost migrací v závislosti na pohlaví. Rozdíl mezi migrací samců a samic se signifikantně nelišil (Yates'  $\chi^2 = 1,292$ ;  $P = 0,731$ ).

Dále byl pozorován rozdíl v četnosti směru migrace (proti proudu, po proudu, nemigrující). Rozdíl ve frekvenci směru migrace se ukázal jako statisticky nevýznamný (Yates'  $\chi^2 = 4,006$ ;  $P = 0,676$ ).

**Tab. 9:** Celkový počet zpětně odchycených jedinců a frekvence migrací na jednotlivých tocích v závislosti na pohlaví.

	Celkový počet raků	Samci	Samice
Bzovský	17	10	7
Huníkovský	14	6	8
Chýlava	9	3	6
Valdecký	15	5	10

Tabulka č. 9 shrnuje výzkumný vzorek raků ze všech toků, u kterých byly sledovány migrační schopnosti. Součet raků ze všech toků činil 55 jedinců, v němž bylo zastoupeno 24 samců a 31 samic.

**Tab. 10:** Frekvence migrací v závislosti na směru na jednotlivých tocích.

	Proti proudu	Po proudu	Nemigrující
Bzovský	6	5	6
Huníkovský	8	4	2
Chýlava	1	3	5
Valdecký	5	4	6

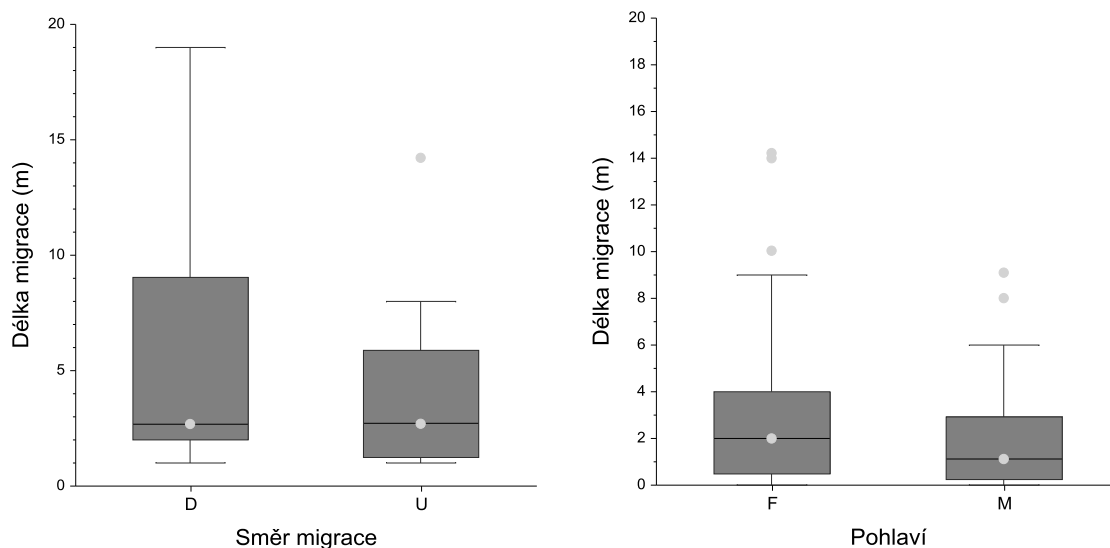
Z tabulky č. 10 lze vyčíst počet jedinců a směr jejich migrace, která byla pozorována během 24 hodin. Z výsledků je patrné, že celkem 20 raků migrovalo ve směru proti proudu, 16 raků naopak migrovalo po proudu toku. Dohromady 19 jedinců bylo zařazeno do kategorie nemigrující. Těchto 19 raků během 24 hodin nezměnilo místo původního nálezu nebo vykonalo pouze pohyb v příčném profilu. Pohyb v příčném profilu je myšlen tak, že v měřeném třicetimetrovém úseku nezměnili svou pozici ve směru po proudu ani proti proudu a byli nalezeni ve stejném metru jako předchozí den.

### 3. 4 Délky migrací

Nejdelší pozorovaná délka migrace u jednotlivce byla 19 m. Naopak nejnižší uvažovaná vzdálenost byla zaznamenána u několika raků a byla rovna 0 m. Průměrná délka migrace na všech zkoumaných tocích měřila 3,23 m. Hodnota mediánu veškerých zaznamenaných migrací se rovnala 2 m.

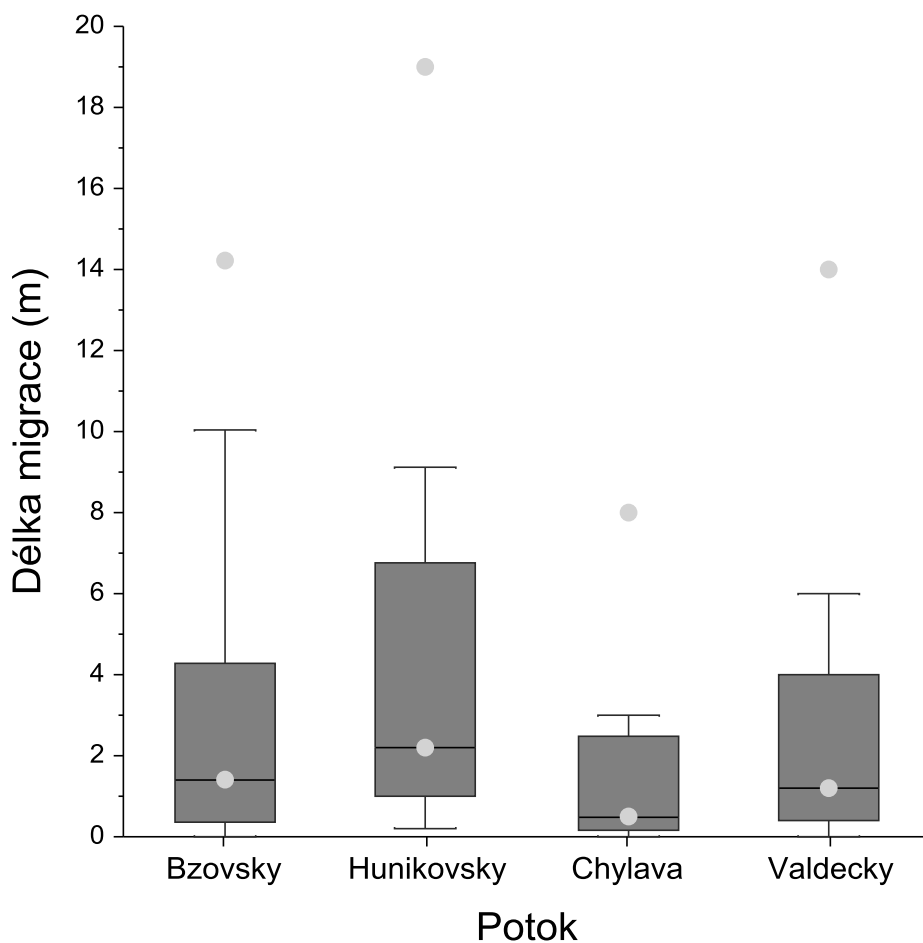
Součástí výzkumu bylo vyhodnocení délky migrace raků v závislosti na směru (po proudu a proti proudu). Nejdelší zaznamenaná migrace po proudu měřila 14,22 m (Bzovský potok), proti proudu 19 m (Huníkovský potok). Průměrná délka migrace po proudu byla 3,21 m a proti proudu 3,35 m. Hodnota mediánu délky migrace po proudu se rovnala 1,71 m a proti proudu 1,85 m. Rozdíl v délce migrací ve směrech po proudu a proti proudu vyšel jako statisticky nevýznamný (Kruskal-Wallis ANOVA,  $P > 0,05$ ).

Dalším sledovaným faktorem byla překonaná vzdálenost v závislosti na pohlaví. Nejdelší migrace u samce čítala 19 m a u samice 14,22 m. Průměrná délka migrace samců byla 3,07 m a u samic 3,19 m. Hodnota mediánu délky migrace u samců byla 1,12 m a u samic 2 m. Rozdíl v délce migrace samců a samic se výrazně nelišil (Kruskal-Wallis ANOVA,  $P > 0,05$ ).



**Obr. 7** Boxploty znázorňující délku migrací ze všech toků: (vlevo) délka migrace v závislosti na směru...D...migrující po proudu, U...migrující proti proudu; (vpravo) délka migrace v závislosti na pohlaví: F...samice, M...samci.

Následně byly srovnávány délky migrací mezi jednotlivými lokalitami. Průměrná délka migrace: Bzovský potok 3,1 m; Huníkovský potok 4,36 m, Chýlava 1,79 m a Valdecký potok 2,62 m. Hodnoty mediánu v jednotlivých tocích byly následující: Bzovský potok 1,41 m; Huníkovský potok 2,2 m; Chýlava 0,5 m a Valdecký potok 1,2 m. Rozdíly v zaznamenaných délkách se mezi jednotlivými toky signifikantně lišily (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H = 33,93$ ;  $P = 0,000$ ).



**Obr. 8** Boxplot znázorňující délku migrací na jednotlivých tocích.

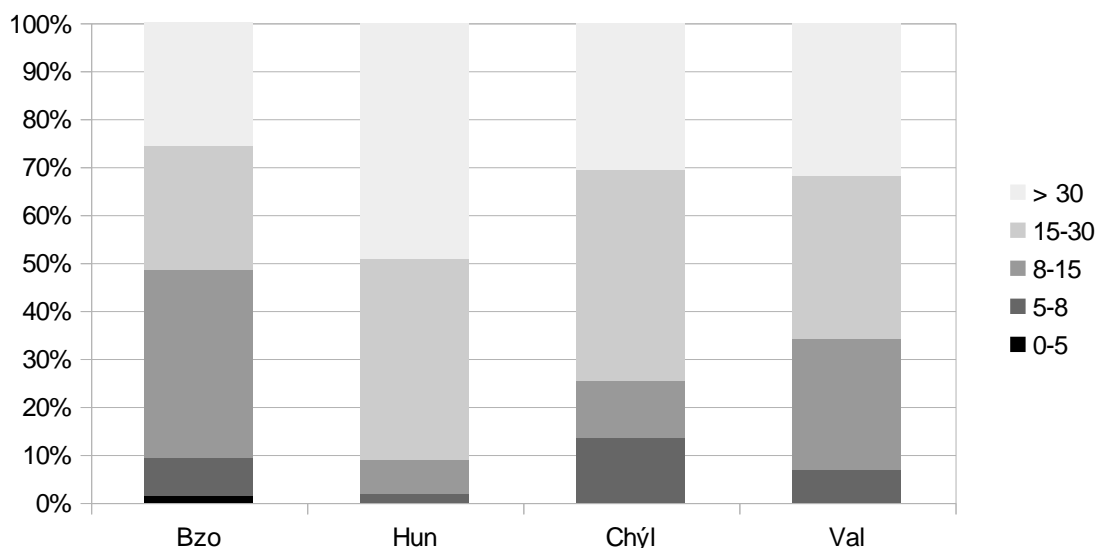
Z obrázku č. 8 lze vyčíst, že nejvyšší průměrná délka migrace (4,36 m), nejvyšší hodnota mediánu (2,4 m) a také nejdelší zaznamenaná migrace jedince (19 m) se vyskytla na Huníkovském potoce. Naopak z obrázku č. 8 je na první pohled patrné, že nejnižší hodnoty v migraci raků se objevily na potoce Chýlava.



### 3. 5 Velikostní kategorie kamenů na jednotlivých tocích

Na každém toku byly kameny rozděleny do 5 velikostních kategorií. Cílem této části bylo zjistit, zda se struktura kamenů obývaných nalezenými rakami na jednotlivých tocích liší.

Struktura úkrytů, pod kterými byli sledovaní raci odchyceni, se na jednotlivých tocích lišila (Yates'  $\chi^2 = 29,859$ ,  $P = 0.003$ ).



**Obr. 9:** Procentuální zastoupení 5 velikostních kategorií kamenů (v cm) na jednotlivých tocích. Bzo...Bzovský potok, Hun...Huníkovský potok, Chýl...Chýlava, Val...Valdecký potok.

Bzovský potok zahrnoval všechny velikostními kategorie kamenů. Do kategorie 0-5 cm byl zařazen jedinec, který se pohyboval volně v korytu. Pod kameny v rozmezí 5-8 cm bylo odchyceno 6 zástupců. Nejvíce raků (celkem 29) bylo nalezeno pod kameny, které náleží do skupiny 8-15 cm. Další dvě kategorie, tedy 15-30 cm a nad 30 cm, byly zastoupeny shodným počtem (19 jedinců v obou kategoriích).

V Huníkovském potoce převažovalo využití kamenů větších velikostních kategorií. Skupina 0-5 cm nebyla zastoupena vůbec, skupina 5-8 cm byla využita pouze jediným rakem a pod kameny velikosti 8-15 cm byli nalezeni 4 jedinci. Velikostní kategorie 15-30 cm (24 jedinců) a nad 30 cm (28 jedinců) jako úkryt využila drtivá většina raků.

V potoce Chýlava pod kamenem o velikosti 0-5 cm nebyl objeven žádný rak. Podobné zastoupení měly kategorie 5-8 cm (8 jedinců) a 8-15 cm (7 jedinců) Největší počet spadl do velikostní kategorie 15-30 cm (26 raků), o něco méně (18 jedinců) do kategorie nad 30 cm. Na Valdeckém potoce velikostní skupina 0-5 cm nebyla zastoupena žádným rakem. Pod skupinou 5-8 cm byli nalezeni 3 jedinci. Zastoupení dalších velikostních kategorií bylo velmi vyrovnané, 8-15 cm (12 raků), 15-30 cm (15 raků) a nad 30 cm (14 raků).

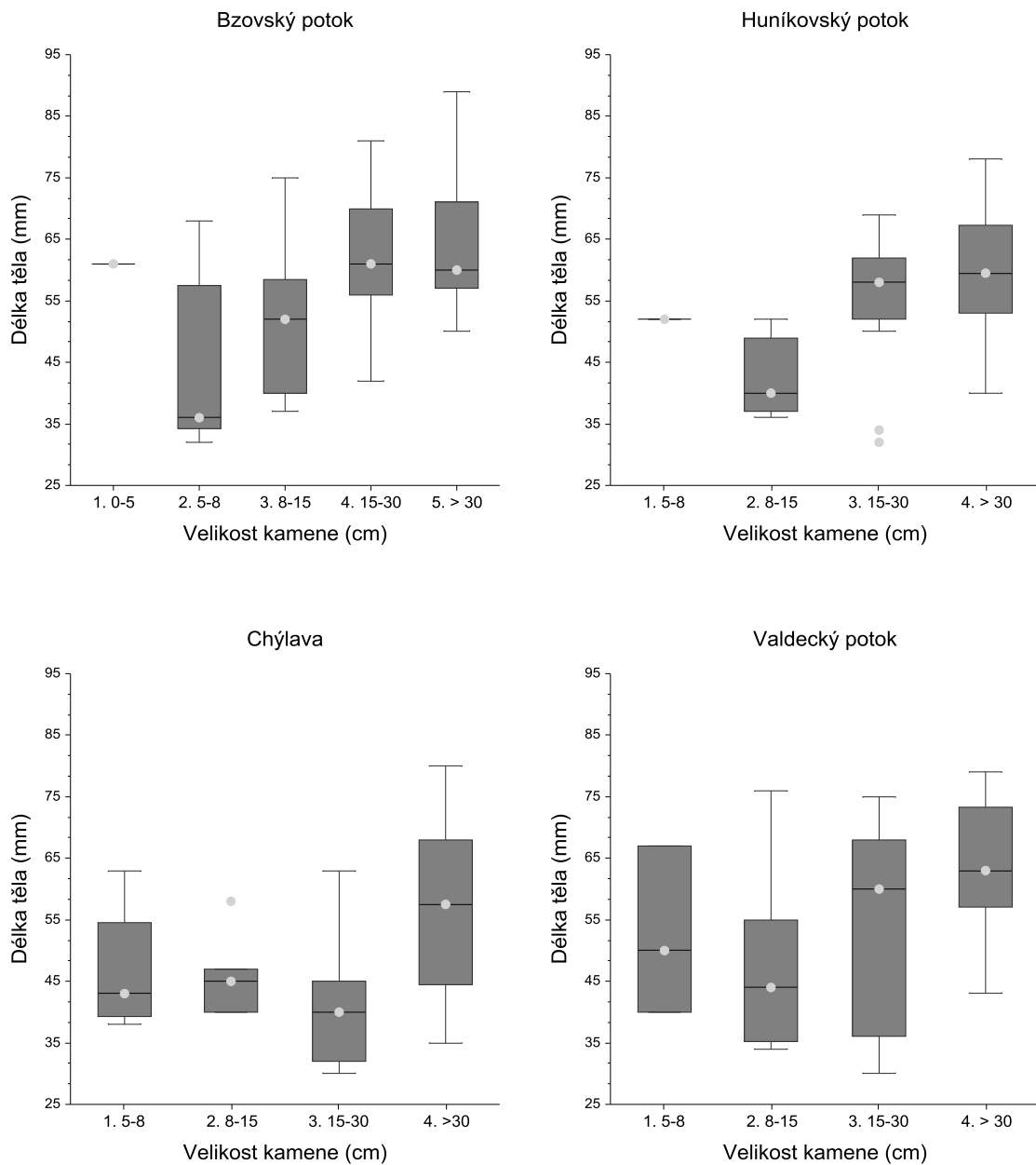
### 3. 6 Vztah mezi velikostí raka a velikostí kamene

Délková struktura raků ukrývajících se pod kameny určité velikosti se na Bzovském potoce signifikantně lišila (ANOVA  $F = 6,71$ ,  $P < 0,05$ ). Do skupiny 0-5 cm byl zařazen rak, který se v době odchyty volně pohyboval v úkrytu a neskrýval se pod žádným kamenem. Průměrná délka těla raků byla ve velikostních kategoriích kamenů následující: 5-8 cm 57,17 mm; 8-15 cm 57,23 mm; 15-30 cm 58,14 mm a nad 30 cm 61,68 mm. Z grafu struktury kamenů na Bzovském potoce (obr. č. 10 vlevo nahoře) i výsledků jasně vyplývá, že se velikost raka rostla se zvětšující se velikostí kamene.

Na Huníkovském potoce se délková struktura raků ukrývajících se pod kameny určité velikosti signifikantně lišila (ANOVA  $F = 4,74$ ,  $P = 0,005$ ). Pod kamenem o rozmezí 5-8 cm byl nalezen pouze jediný exemplář, který měřil 52 mm. Průměrná délka těla raků byla ve velikostních kategoriích kamenů následující: 8-15 cm: 42 mm; 15-30 cm: 57 mm a nad 30 cm: 56,94 mm.

Délková struktura raků ukrývajících se pod kameny určité velikosti na potoce Chýlava byla signifikantně rozdílná (ANOVA  $F = 7,91$ ,  $P < 0,001$ ). Průměrná délka těla raků byla ve velikostních kategoriích kamenů následující: 5-8 cm: 47,48 mm; 8-15 cm: 49 mm; 15-30 cm: 46,85 mm a nad 30 cm: 48,79 mm.

Rozdíl v délkové struktuře raků ukrývajících se pod kameny určité velikosti byl na Valdeckém potoce statisticky významný (ANOVA  $F = 3,52$ ,  $P = 0,023$ ). Průměrná délka těla raků byla ve velikostních kategoriích kamenů následující: 5-8 cm: 56,18 mm; 8-15 cm: 56,1 mm; 15-30 cm: 55,4 mm a nad 30 cm: 57,05 mm.

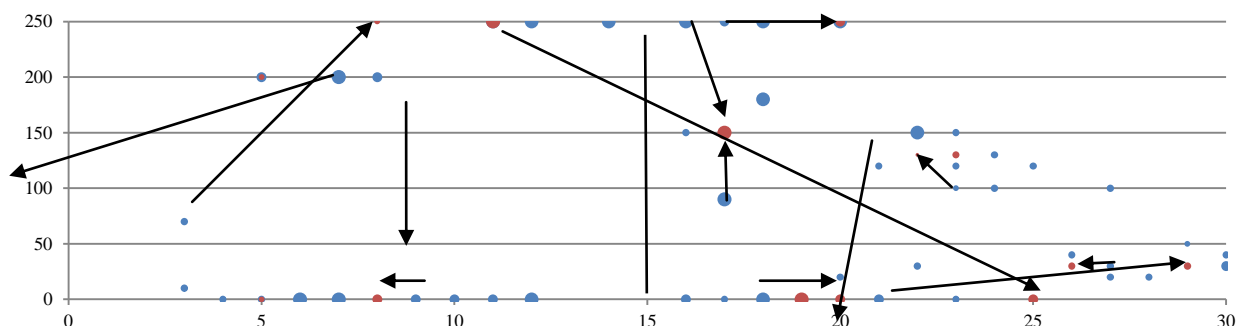


**Obr. 10:** Vztah mezi délkou těla raka a velikostí kamene, pod kterým byl rak nalezen: (vlevo nahoře)...Bzovský potok; (vpravo nahoře)...Huníkovský potok ; (vlevo dole)... Chýlava; (vlevo dole)...Valdecký potok.

### 3. 7 Migrační mapy

#### Bzovský potok

Na Bzovském potoce bylo druhý den odchyceno celkem 17 značených jedinců (7 samic a 10 samců). Nejdelší zaznamenaná migrace u samice měřila 14,22 m (proti proudu), u samce 8 m (proti proudu). Uprostřed toku byla přítomna 60 cm vysoká bariéra. Zmíněnou bariéru překonala právě samice s nejdelší zaznamenanou migrací na tomto toku (14,22 m). Průměrná hodnota migrace u všech raků byla rovna 3,1 m. Směr migrace byl poměrně vyrovnaný, 5 jedinců migrovalo po proudu, 6 proti proudu a 6 nemigrovalo.

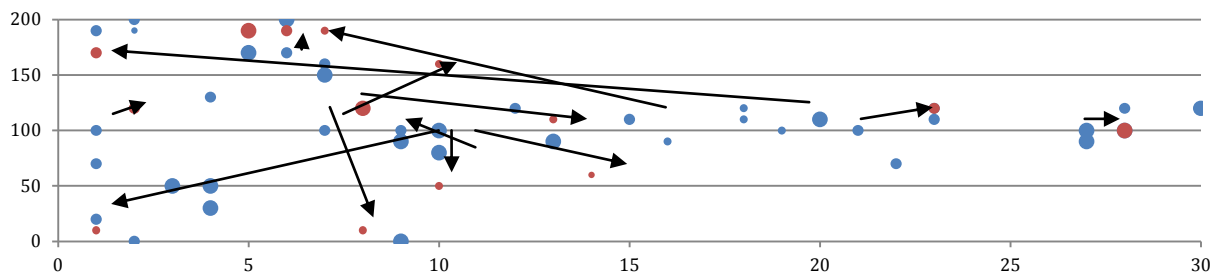


**Obr. 11:** Migrační mapa znázorňující krátkodobou migraci raka kamenáče na Bzovském potoce.

Modrá barva označuje místo nálezu při prvním odchyty a značení raků, červená barva označuje místo nálezu při druhém odchyty, šipky představují směr migrace jedince. Velikost kruhu znázorňuje velikost kamene, pod kterým byl rak nalezen. Osa y...délka v příčném profilu (cm), osa x...délky v podélném profilu (m).

#### Huníkovský potok

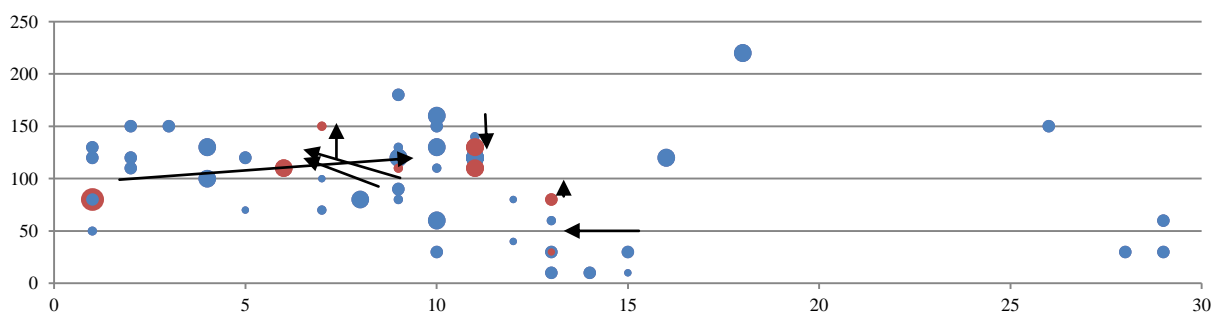
Na Huníkovském potoce bylo druhý den odchyceno celkem 17 jedinců (8 samic a 6 samců). Nejdelší zaznamenaná migrace u samice měřila 9 m (po proudu), u samce 19 m (po proudu). Překonaná 19 m dlouhá vzdálenost samce (celková délka těla 70 mm) byla vůbec nejdelší zaznamenanou migrací v této studii. Průměrná hodnota migrace u všech raků na Huníkovském potoce se vyšplhala na 4,36 m. Po proudu migrovali 4 raci, proti proudu 8. Do kategorie nemigrující jsou zařazeni 2 jedinci, kteří vykonali pohyb pouze pár desítek cm v příčném profilu.



**Obr. 12:** Migrační mapa znázorňující krátkodobou migraci raka kamenáče na Huníkovském potoce.

### Chýlava

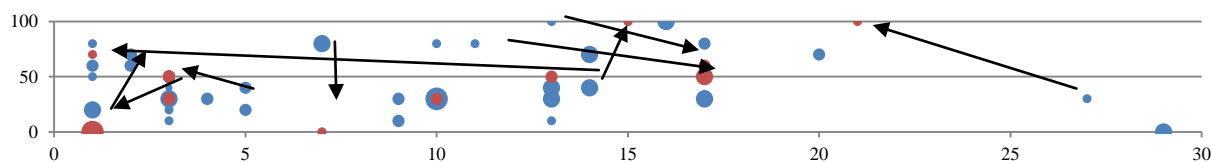
Na potoce Chýlava bylo druhý den odchyceno celkem 9 značených jedinců (6 samic a 3 samci). Nejdelší zaznamenaná migrace u samice měřila 8 m (proti proudu), u samce 3 m (po proudu). Průměrná hodnota migrace u všech raků měřila pouze 1,8 m a byla ze všech toků nejnižší. V této lokalitě migrovali po proudu 3 raci, proti proudu pouze jediný zástupce. 5 raků změnilo svou pozici pouze o pár desítek cm v příčném profilu.



**Obr. 13:** Migrační mapa znázorňující migraci raka kamenáče na potoce Chýlava.

### Valdecký potok

Na Valdeckém potoce bylo druhý den odchyceno celkem 15 značených jedinců (10 samic a 5 samců). Nejdelší zaznamenaná migrace u samice měřila 14 m (po proudu), u samce 6 m (proti proudu). Průměrná hodnota migrace u všech raků se rovnala 3,63 m. U 4 raků byla zaznamenaná migrace po proudu, u 5 proti proudu. 5 raků změnilo svou pozici pouze o pár desítek cm v příčném profilu a bylo zařazeno do kategorie nemigrující.



**Obr. 14:** Migrační mapa znázorňující krátkodobou migraci raka kamenáče na Valdeckém potoce.

### **3. 8 Dlouhodobá migrace na Bzovském potoce**

Výzkum na Bzovském potoce byl doplněn o data, která hodnotí migraci v delším časovém měřítku, řádově v několika týdnech. Během třech dalších pozorování na tomto toku bylo zpětně odchyceno 13 značených raků. Z tohoto počtu byl jeden rak zpětně odchycen 3 krát a 5 jedinců 2 krát. Celkový počet se tedy rovnal 20 záznamů migrace dlouhodobého charakteru.

Průměrná délka dlouhodobé migrace měla hodnotu 6,88 (SD = 6,23; 0-25) m. Hodnota mediánu se rovnala 5,27 m. Nejdelší zaznamenaná migrace u samice měřila 25 m a byla zaznamenaná ve směru proti proudu. Nejdelší naměřená migrace u samce měřila 19,13 m a také ve směru proti proudu. Nejkratší migrace byla naměřena u samce a rovnala se 0 m. Tento jedinec byl nalezen na totožném místě, přestože interval mezi jednotlivými odchvy trval několik týdnů.

## 4 Diskuze

Výzkum migračních schopností raka kamenáče probíhal v srpnu, září a říjnu roku 2015. Pro terénní práce byly vybrány čtyři vhodné toky s doloženým výskytem raka kamenáče. Lokality se nacházely v Plzeňském kraji (potok Chýlava), Středočeském kraji (Bzovský potok), Libereckém kraji (Huníkovský potok) a Ústeckém kraji (Valdecký potok).

Cílem výzkumu bylo zjistit krátkodobou migraci raka kamenáče. Migrace byla zkoumána z několika hledisek. Posoudit, zda existuje rozdíl v migračních aktivitách v závislosti na pohlaví. Porovnat, jestli rak kamenáč preferuje směr migrace (po proudu či proti proudu). Jako doplnění výzkumu byla pozorována i dlouhodobá migrace na Bzovském potoce. Na jednotlivých tocích byla porovnáována délková struktura. Zjišťováno, zda platí závislost vztahu velikostí raka a velikostí kamene, pod kterým daný jedinec byl nalezen. Posledním úkolem bylo vytvoření migračních map, které znázorní krátkodobé migrační aktivity. Získaná data z terénního výzkumu byla graficky a statisticky vyhodnocena a interpretována.

Terénní práce byly prováděny na čtyřech lokalitách (Bzovský, Huníkovský, Chýlava a Valdecký potok). Všechny toky jsou menší, přírodní vodoteče s meandrujícími úseky. Voda v potocích byla čistá, dobře průhledná s nízkou hladinou, tedy optimální podmínky pro metodu ručního odchyty. Tato metoda byla použita u vícera studií zabývajících se migrací a pohybem u různých druhů raků (Buřič et al. 2009a). Výzkumné pole bylo vyznačeno třicetimetrovým pásmem. Průzkum toku byl prováděn proti proudu, aby nedošlo k zakalení vody. Byly prohledány veškeré možné úkryty, tedy kameny, balvany, příbřežní vegetace a nory (Štambergová et al. 2009). Drtivá většina raků byla nalezena v úkrytu pod kamenem, podobně jako uvádí Buřič et al. (2009a). V Bzovském potoce byl jeden rak zařazen do velikostní kategorie kamene 0-5 cm, což značí, že nebyl nalezen pod kamenem ale volně v korytu. Pokud došlo k úniku některého z raků při prohledávání úkrytů, nebyl do výzkumu zařazen. Jak popisují někteří autoři (Bohl et al. 1999; Bubb et al. 2002), v okamžiku, kdy je rak vyrušen, například člověkem způsobenou disturbancí, dochází k rychlé únikové reakci. Po celou dobu výzkumu byl brán ohled na minimální vyrušení raků, aby nedošlo k ovlivnění výsledků výzkumu.

Z celkového počtu 234 označených raků bylo zpětně odchyceno 55 jedinců. Efektivita zpětného odchyty souhrnně na všech lokalitách byla 23, 4 %. Na jednotlivých tocích

úspěšnost odchyty dosáhla těchto hodnot: Bzovský potok 24, 32 %, Huníkovský potok 24, 56 %, Valdecký potok 34, 09 % a Chýlava 15, 25 %. Hodnota úspěšnosti zpětného odchyty je ovlivněna několika hledisky. Dle mého názoru je vysoce pravděpodobné, že někteří jedinci vycestovali z měřeného 30 m úseku. Určitou roli zde také hraje možnost úniku několika jedinců při metodě ručního odlovu. U dalších studií sledujících migrační aktivitu raků (Robinson et al. 2000, Kerby et al. 2005, Hudina et al. 2011, Kadlecová et al. 2012, Wutz & Geist 2013) byla efektivita zpětného odchyty různá, ale obecně se pohybovala v rozmezí od 10% až do 50 % úspěšnosti. Samozřejmě je nelehké srovnávat různé výsledky úspěšnosti odchyty, protože jednotlivá badání byla prováděna v odlišných podmínkách a u různých druhů raků. Nicméně z údajů o efektivitě zpětných odchytů naše procentuální vyjádření na jednotlivých tocích (15, 25% – 34, 09%) spadá do rozmezí zmiňovaných hodnot. Samozřejmě úspěšnost odchyty významně ovlivňuje použitá metoda odchyty a sledování jedinců. Výzkumy využívající jiné metody, například pasivní integrovaný přenašeč, zaznamenaly úspěšnost nalezení sledovaných jedinců až 89% (Bubb et al. 2006a).

Metoda zpětného odchyty souvisí s využitím různého typu značení. V našem výzkumu jsme pro individuální značení raků zvolili elastomery VIE. Tento typ značení minimálně ovlivňuje chování raků, je dobře viditelné a aplikace je velmi rychlá (Buřič et al. 2008, Kozák et al. 2014). Podle mého názoru byly uvedené vlastnosti bezpodmínečně splněny. Nevýhodou elastomer může být nízká kódovací kapacita (Buřič et al. 2008). Pro účely této studie však kódovací kapacita byla naprosto dostačující.

V současné době je pravděpodobně nejpoužívanější metodou při výzkumu migrace a migračních schopností radiotelemetrie. Radiotelemetrie se jeví jako ideální k detekci pohybových vzorců a migrace u raků. Pomocí této metody byly prováděny výzkumy u raka říčního (Bohl 1999), raka bělonohého (Bubb et al. 2006b), raka pruhovaného (Buřič et al. 2009a, Buřič et al. 2009b, Hirsch et al. 2016), raka signálního (Bubb et al. 2002, Bubb et al. 2004, 2006a) a raka červeného (Gherardi et al. 2002).

Dílčím cílem výzkumu bylo zjištění délkové struktury na jednotlivých tocích. Raci byli rozděleni do pěti velikostních kategorií: (0-15 mm, 15,1-30 mm, 30,1-60 mm, 60,1-90 mm, >90 mm). Přičemž nejmenší značený jedinec v této studii měřil 27 mm. Raci menší než 27 mm nebyli do výzkumu zahrnuti, protože u takto drobných jedinců je značení příliš náročné.



Z výsledků lze vyčíst, že rozdíl v délkové struktuře na jednotlivých lokalitách je statisticky významný. Délková struktura populací je ovlivněna řadou činitelů. Zcela zásadní je hustota populace. Abundance ovlivňuje dostupnost potravních zdrojů, dostatečné množství úkrytů a průběh rozmnožování. U raků se rovněž může vyskytovat kanibalismus, především ze strany starších a silnějších jedinců (Kozák et al. 2014). Důležitou roli může hrát také zvýšený predační tlak vydry říční, norka amerického či pstruha potočního (Štambergová et al. 2009). Vliv na délkovou strukturu mohou mít také abiotické faktory. Nejmenší velikostní kategorie raků nejvíce ovlivňuje průtok vody. Drobnější jedinci mohou být v období zvýšeného množství srážek pasivně odnášeni silným vodním proudem (Kozák et al. 2004, Kerby et al. 2005, Kadlecová et al. 2012).

Ve výzkumu jsme hledali odpověď na to, zda existuje rozdíl v délkové struktuře v prvním a druhém dnu odchytů. Cílem bylo zjistit, zda disturbance v podobě odchytů má na raky významný vliv a zda dochází k selekci nějaké velikostní kategorie. Výsledky ukazují, že rozdíl v délkové struktuře v první a druhý den odlovů není statisticky významný.

Záznamy o pohybové aktivitě raků z jednotlivých lokalit byly z důvodu nízkého počtu jedinců spojeny do jednoho souboru. Dohromady byla migrační aktivita sledována u 55 zpětně odchycených označených raků (31 samic a 24 samců). Původní druhy raků rak říční a rak kamenáč jsou známi tím, že po nějaký čas zůstávají v blízkosti svého úkrytu (Buřič et al. 2009a, Kadlecová et al. 2012). Mezi důležité faktory patří dostatek úkrytů na daném toku, bohatá potravní nabídka a vhodné abiotické podmínky. Sint & Föderer (2004) pozorovali, že oba dva druhy našich původních druhů, rak říční a rak kamenáč, se aktivně pohybují do okamžiku, než najdou vhodný úkryt. Toto zjištění dle mého názoru může vysvětlit pohyb raků pouze v příčném profilu, kde pravděpodobně hledají vhodnější úkryt. Nejdelší zaznamenaná délka migrace u raka říčního byla naměřena 151 m během 36 dnů (Kadlecová et al. 2012), a 73,1 m (Hudina et al. 2008) Pöckl & Streissel (2005) demonstrují výsledky migrace raka kamenáče, v jejichž studii byla zjištěna hodnota mediánu 4 m. Pouze pár jedinců během 24 hodin překonalo vzdálenost delší než 55 m (Pöckl & Streissel, 2005). Nejdelší zaznamenaná délka migrace u raka kamenáče se rovná 133 m (samice), přičemž jedinec byl sledován po dobu 55 dnů (Kadlecová et al. 2012).

V této studii byla hodnota mediánu ze všech toků 2 m a průměr překonané vzdálenosti na všech lokalitách 3,23 m. Nejdelší zaznamnaná délka migrace měřila 19 m. Domnívám se, že některý z raků mohl vykonat i delší vzdálenost. Například migrovat vně nebo dovnitř

měřeného úseku. Nicméně výsledky výzkumu naznačují, že rak kamenáč je druh s tendencí zůstat v blízkosti svého úkrytu, podobně jak naznačují i další autoři (Pöckl & Streissl 2005, Kadlecová et al. 2012).

Na jednotlivých tocích bylo procentuálně vyjádřeno, kolik jedinců migrovalo do vzdálenosti 2 m (nebo zůstalo na stejném místě) a kolik jedinců podniklo migraci delší než 2 m. Z celkového počtu 55 pozorovaných raků zůstalo na stejné místě, migrovalo do 2 m nebo pouze v příčném profilu 36 jedinců (65,5 %). Vzdálenost 2 m překonalo 19 jedinců (35, 5 %). Nejdelší naměřená délka byla 19 m (Huníkovský potok) u samce a 14 m u samice (Bzovský potok). Kadlecová et al. (2012) shrnuje že, rak říční má ve srovnání s rakem kamenáčem obecně větší schopnost migrace a kolonizace. Rak říční ve výzkumu prokázal tendenci pohybovat se proti proudu. Rak kamenáč spíše preferuje setrvání v blízkosti svého úkrytu. S touto preferencí je spojena nižší schopnost pohybových aktivit a nižší kolonizace. Podle mého názoru je toto důležité poznání k ochraně raka kamenáče. Je patrné, že ochrana biotopů obývaných rakem kamenáčem je nezbytně důležitá pro zachování tohoto kriticky ohroženého druhu.

Rozdíl v migraci původních a nepůvodních druhů lze demonstrovat na zdokumentovaných maximálních vzdálenostech. Významná schopnost migrace je známe především u raka signálního. Výzkum tohoto druhu, který probíhal v Anglii, byla jednomu sledovanému exempláři během 74 dní naměřena vzdálenost 790 m (Bubb et. al 2004). Tato vysoká schopnost migrace je jedním z důvodů, proč jsou severoameričtí raci tak úspěšní v kolonizaci nových územích a šíření populací.

V této studii bylo rovněž posuzováno, zda existuje rozdíl v četnosti migrací raků v závislosti na pohlaví. Mnoho výzkumu se zaměřilo právě na rozdíly v migraci samců a samic. Samice, které se starají o vajíčka, na čas omezují aktivitu a zůstávají v úkrytu (Buřič et al. 2009a). V tomto výzkumu ovšem nebyl zjištěn signifikantní rozdíl ve frekvenci migrace samců a samic. Podobné výsledky potvrzují i další autoři na původních racích (Pöckl & Streissl 2005, Kadlecová et al. 2012), tak i u invazních druhů (Bubb et al. 2002, Bubb et al. 2004, 2006a, Buřič et al. 2009a, Hudina et al. 2011).

Některé studie upozorňují na fakt, že migraci raků po proudu může ovlivnit zvýšení hladiny vody a síly vodního průtoku (Kozák et al. 2004, Kerby et al. 2005, Kadlecová et al. 2012). V období výzkumu však byly podmínky stálé a nedocházelo k výraznému ovlivnění

podmínek. Z toho důvodu si myslím, že pasivní migrace vlivem silného proudu nebyla přítomna. V souvislosti s migračními aktivitami se někteří autoři (Kerby et al. 2005, Římalová & Bílý 2013) zaměřili na přítomnost bariér, které by mohly pohyb raků inhibovat. Na Bzovském potoce se nacházela asi 60 cm vysoká bariéra. Dva jedinci tuto bariéru během 24 hodin v obou směrech, po proudu i proti proudu, dokázali překonat. Shodné výsledky dokumentují (Římalová & Bílý 2013) a předpokládají, že tento typ bariér není pro raky překážkou.

Tato studie byla rozšířena o sledování dlouhodobé aktivity na Bzovském potoce. Bylo získáno dalších 20 záznamů migrace dlouhodobého charakteru. Z výsledků byla změřena nejdelší migrace u samice 25 m (proti proudu) a u samce 19,13 (proti proudu). Průměrná délka dlouhodobé migrace měla hodnotu 6,88 m a mediánu se rovnal 5,27 m. Nutno dodat, že se jedná o vcelku zajímavé poznatky, avšak je třeba kritického hodnocení. Existuje zde vysoce pravděpodobná možnost, že rak v období několika týdnů mohl vykonat vícero migračních cest, které však nebyly zaznamenány. Mohl například vycestovat z měřeného úseku a po pár dnech se vrátit zpět. Výsledky, které byly vyhodnoceny v krátkodobé migraci, naznačují, že rak kamenáč je těchto aktivit schopen.

Průměrná délka dlouhodobé migrace měla hodnotu 6,88 (SD = 6,23; 0-25) m. Hodnota mediánu se rovnala 5,27 m. Nejdelší zaznamenaná migrace u samice měřila 25 m a byla zaznamenána ve směru proti proudu. Nejdelší naměřená migrace u samce měřila 19,13 m a také ve směru proti proudu. Nejkratší migrace byla naměřena u samce a rovnala se 0 m.

Pöckl & Streissel (2005) ve své studii tvrdí, že s rostoucí velikostí kamene roste i délka raka, který se pod kamenem ukrývá. S tímto tvrzením mohu podle výsledků výzkumu souhlasit jen částečně. Ačkoliv na některých lokalitách může tato závislost skutečně existovat (viz Bzovský a částečně také Huníkovský potok), nelze toto tvrzení striktně aplikovat na všechny toky. Dle mého názoru lze předpokládat, že vztah velikosti kamene a velikosti raka ovlivňuje více faktorů. Mezi faktory jistě patří množství a struktura úkrytů na dané lokalitě, hustota populace a složení délkové struktury. Z výsledků v našem výzkumu lze vyvodit, že na každé lokalitě se struktura úkrytů významně liší. Jak zmiňují někteří autoři (Machino & Füreder 2005, Štambergová et al. 2009, Vlach et al. 2009) zabývající se přirozeným habitatem raka kamenáče, tento druh kromě kamenů využívá i jiné typy úkrytů. Například na Bzovském potoce jsem pozorovala, že raci jako útočiště využívali nory vyhloubené v březích. Moje pozorování potvrzují i další autoři na jiných

tocích (Vlach et al. 2009). Kromě kamenů a nor se raci mohou ukrývat v příbřežní vegetaci a systému kořenů (Štambergová et al. 2009). V této studii tedy tvrzení Pöckla & Streissla (2005) verifikuje pouze Bzovský a z části také Huníkovský potok, zatímco v Chýlavě a na Valdeckém potoce s tímto názorem nelze souhlasit

## 5 Závěr

Cílem této práce bylo zjistit migrační schopnosti raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Byla zjišťována délka migrace a četnosti migrace v závislosti na pohlaví a směru pohybu. Dalším dílčím cílem výzkumu bylo zjistit, zda se liší struktura kamenů na jednotlivých tocích a zda existuje závislost mezi velikostí kamene a velikostí raka, pod kterým byl nalezen. Dále byla porovnávána délková struktura vzorku raků na jednotlivých lokalitách. Délková struktura byla také podrobena srovnání prvního a druhého dne odchyty.

Výzkum probíhal v srpnu, září a říjnu roku 2015 na čtyřech tocích s prokázaným výskytem raka kamenáče. Pro terénní práce byly vybrány lokality Bzovský potok, Huníkovský potok, Chýlava a Valdecký potok. Na každém toku byla sledována krátkodobá migrace raka kamenáče ve vyměřeném třicetimetrovém úseku. Terénní práce se odehrávaly vždy dva po sobě jdoucí dny. První den byla u každého jedince provedena sexuální determinace, změřena celková délka těla a detailně popsáno místo nálezu. Odchycení jedinci byli označeni specifickým kódem za pomoci elastomer VIE. Druhý den bylo metodou zpětného odchytu značených jedinců. Získána data, která posloužila ke zpracování migračních aktivit během 24 hodin. U nalezených neznačených jedinců bylo určeno pohlaví a změřena celková délka těla, což později posloužilo k vyhodnocení délkové struktury na jednotlivých lokalitách.

Celkový počet odchycených raků z obou dnů odchytů ze všech lokalit čítal 469 jedinců. První den bylo odchyceno a označeno 234 jedinců, Bzovský potok (74 raků), Chýlava (59 raků), Huníkovský potok (57 raků) a Valdecký potok (44 raků). Druhý den bylo při zpětném odchytu nalezeno 235 jedinců. Celkové počty odchycených a z toho označených raků byly následující: Bzovský potok (92 raků z toho 17 označených), Huníkovský potok (69 raků z toho 14 označených), Chýlava (34 z toho 9 označených) a Valdecký potok (38 z toho 15 označených).

Dílčím cílem výzkumu bylo porovnání délkové struktury. Pomocí statistické analýzy byl vyhodnocen statisticky významný rozdíl v délkové struktuře na jednotlivých lokalitách. Následně byla délková struktura zkoumána na každé toku samostatně. Největší průměrná délka těla raka kamenáče se vyskytla na Huníkovském potoce (58,3 mm). Nejmenší průměrná délka těla vyšla na potoce Chýlava (46,48 mm).

Na základně zpětného odchyty značených jedinců byl vytvořen výzkumný soubor 55 raků (24 samců a 31 samic), u kterých byla podrobně analyzována migrační aktivita. Byl sledován rozdíl ve frekvenci migrace mezi samci a samicemi. Rozdíl ve frekvenci migrace v závislosti na pohlaví se ukázal jako statisticky nevýznamný. Dalším sledovaným faktorem byla četnost migrace po proudu a proti proudu. Rozdíl ve frekvenci směru migrace se signifikantně nelišil.

Jedním z cílů diplomové práce bylo vyhodnocení délky migrace. Nejdelší migrace zaznamenaná v této studii měřila 19 m (samec, Huníkovský potok). Největší překonaná vzdálenost u samice měřila 14,22 m (Bzovský potok). Rozdíl v délce migrace v závislosti na pohlaví byl vyhodnocen jako signifikantně nevýznamný. Nejdelší průměrná délka migrace byla změřena na Huníkovském potoce (4,36 m). Potok Chýlava naopak zaznamenal nejnižší průměrnou délku migrace (1,79 m).

Výzkum byl rozšířen o dlouhodobou migraci raka kamenáče. Pro získání dalších dat byl vybrán Bzovský potok. Byly zde naměřeny další zajímavé hodnoty (nejdelší vzdálenost 25 m, překonání migrační bariéry ve směru po proudu). Avšak po kritickém zhodnocení je třeba si uvědomit, že sledování raka v řádech několika týdnů mohli podniknout více migrací v daném toku.

Posuzována byla také struktura úkrytů na všech sledovaných lokalitách. Jednalo se o kameny různých velikostních kategorií, pod kterými byli raci nalezeni. Bylo zjištěno, rozdíl ve struktuře úkrytů na zkoumaných lokalitách byl statisticky významný. Následně byl sledován vztah mezi délkou těla raků a velikostí kamene. Velikost raků ukrývajících se pod kameny určité velikostní kategorie se na jednotlivých tocích signifikantně lišila.

V závěru kapitoly výsledky je k dispozici grafické vyobrazení zdokumentovaných migrací. Migrační mapy znázorňují individuální migraci jednotlivců druhu raka kamenáče na sledovaných tocích. Modré kruhy představují místo nálezu při značení, červené kruhy místo nálezu při zpětném odchyty. Šipky ukazují směr pohybu migrujícího jedince.

Veškeré získané údaje v této diplomové práci byly konfrontovány s dostupnými publikacemi zabývajícími se migrační tematikou. Porovnání bylo provedeno jak s českou, tak také se zahraniční literaturou. Dostupné poznatky o migračních schopnostech původních, ale také nepůvodních druhů raků byly následně diskutovány se zjištěnými výsledky v diplomové práci.

Tato diplomová práce shrnuje poznatky o migračních schopnostech raka kamenáče. Migrace a s ní spojené pohybové aktivity bezpochyby patří k důležitým životním projevům u všech raků. V současné době je problematika migračních aktivit velice aktuální především u invazních druhů. Nicméně troufám si tvrdit, že stejně tak důležité je poznání migračních schopností u původních druhů raků. Výsledky interpretované v této diplomové práci mohou přispět k hlubšímu porozumění způsobu života raka kamenáče.

## 6 Resumé

Cílem této práce bylo zjistit migrační schopnosti raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Výzkum byl uskutečněn v srpnu, září a říjnu roku 2015. Terénní práce byly prováděny na čtyřech lokalitách v západních (potok Chýlava), středních (Bzovský potok) a severních Čechách (Huníkovský a Valdecký potok). V měřeném úseku byly metodou ručního odlovu prohledány všechny úkryty. Nalezení raci byli označeni (pomocí elastomer VIE) a vráceni na přesné místo nálezu. Druhý den byla metodou zpětného odchyty značených jedinců zjišťována individuální migrace raků na daném toku. Na každé lokalitě byly získány i další údaje, využité pro vyhodnocení délkové struktury. Veškerá získaná data byla podrobena statistické analýze a graficky zpracována.

### **Klíčová slova:**

rak kamenáč, *Austropotamobius torrentium*, migrace, pohybové schopnosti, pohybové vzorce



## 7 Cizojazyčné resumé

The aim of this study was to find out the migration abilities of the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*). The research was being done in August, September and October 2015. Study sites had taken place in four localities in western (brook Chýlava), central (Bzovský brook) and northern Bohemia (Huníkovský and Valdecký brook). All shelters in the section were searched by hand. The captured crayfish were marked (by elastomer VIE) and returned to the exact place of their capture. The individual migration on each flows was investigated the next day by recapturing the marked crayfish. Also, additional data were obtained on each location for evaluation of length structure. All of the obtained data were statistically analyzed and graphically processed.

### **Key words:**

stone crayfish, *Austropotamobius torrentium*, migration, movement abilities, movement patterns

## 8 Seznam literatury

- Bohl E. 1999. Motion of individual Noble crayfish *Astacus astacus* in different biological situations: In situ studies using radio telemetry. – *Freshwater crayfish* 12: 677-687.
- Bubb D. H., Lucas M. C. & Thom T. J. 2002. The potential use of PIT telemetry for identifying and tracking crayfish in their natural environment. – *Hydrobiologia* 483: 225-230.
- Bubb D. H., Thom T. J. & Lucas M. C. 2004. Winter movements and activity of signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in an upland river, determined by radio telemetry. – *Freshwater Biology* 49: 357-368.
- Bubb D. H., Thom T. J. & Lucas M. C. 2005. The within-catchment invasion of the non-indigenous signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in upland rivers. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 376-377: 665-673.
- Bubb D. H., Thom T. J. & Lucas M. C. 2006a. Movement patterns of the invasive signal crayfish determined by PIT telemetry. – *Canadian Journal of Zoology* 84: 1202-1209.
- Bubb D. H., Thom T. J. & Lucas M. C. 2006b. Movement, dispersal and refuge use of o-occurring introduced and native crayfish. – *Freshwater Biology* 51: 1359-1368.
- Buřič M., Kouba A. & Kozák P. 2009a. Spring mating period in *Orconectes limosus*: the reason for movement. – *Aquatic Science* 71: 473-477.
- Buřič M., Kozák P. & Kouba A. 2009b. Movement patterns and ranging behavior of the invasive spiny-cheek crayfish in a small reservoir tributary. – *Fundamental and Applied Limnology* 174: 329-337.
- Buřič M., Kozák P. & Vích P. 2008. Evaluation of different marking methods for spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*). – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 389: 2.
- Crandall K. A. & Buhay J. E. 2008. Global diversity of crayfish (Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae - Decapoda) in freshwater. – *Hydrobiologia* 595: 295-301.
- Fischer, D., Bádř, V., Vlach, P. & Fischerová, J. 2004. Nové poznatky o rozšíření raka kamenáče v Čechách. - *Živa*, 52, 2: 79-81.

- Füreder L., Oberkofler B., Hanel R., Leiter J. & Thaler B. 2003. The freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* in South Tyrol: heritage species and bioindicator. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 370-371: 81-95.
- Gherardi F., Barbaresi S. & Villanelli F. 1998. Movement Patterns of the White-clawed Crayfish, *Austropotamobius pallipes*, in a Tuscan Stream. – *Freshwater Biology* 13: 413–424.
- Gherardi F., Barbaresi S. & Salvi G. 2000. Spatial and temporal patterns in the movement of *Procambarus clarkii*, an invasive crayfish. – *Aquatic Science* 62: 179-193.
- Gherardi F., Tricarico E. & Ilhéu M. 2002. Movement patterns of an invasive crayfish, *Procambarus clarkii*, in temporary stream of southern Portugal. – *Ethology Ecology & Evolution* 14: 183-197.
- Harlioğlu M. M. & Güner U. 2007. A new record of recently discovered crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803), in Turkey. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 387: 1-5.
- Hirsch P. E., Burkhardt-Holm P., Töpfer I. & Fischer P. 2016. Movement patterns and shelter choice of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in a large lake's littoral zone. – *Aquatic Invasions* 11: 55–65.
- Holdich, D. M. 2002a. Biology of Freshwater Crayfish. - Blackwell Science Ltd., Oxford: 702 pp.
- Holdich D. M. 2002b. Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 367: 611-650.
- Hudina S., Lucić A., Žganec K. & Janković S. 2011. Characteristics and movement patterns of a recently established invasive *Pacifastacus leniusculus* population in the river Mura, Croatia. – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 403: 07.
- Hudina S., Maguire I. & Klobučar G. I. V. 2008. Spatial dynamics of the noble crayfish (*Astacus astacus*, L.) in the Paklenica National Park. – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 388: 01.
- Kadlecová K., Bílý M. & Maciak M. 2012. Movement patterns of the co-occurring species *Astacus astacus* (noble crayfish) and *Austropotamobius torrentium* (stone crayfish). – *Fundamental and Applied Limnology*: 351-360.

- Kerby J. L., Riley S. P. D., Kats L. B. & Wilson P. 2005. Barriers and flow as limiting factors in the spread of an invasive crayfish (*Procambarus clarkii*) in southern California streams. – *Biological Conservation* 126: 402-409.
- Kozák P., Polícar T. & Ďuriš Z. 2004. Migratory ability of *Orconectes limosus* through a fishpass and notes on its occurrence in the Czech Republic. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 372-373: 367-373.
- Kozák P., Z. Ď., Petrusek A., Buřič M., Horká I., Kouba A., Kozubíková E. & Polícar T. 2014. Biologie a chov raků. – Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, České Budějovice, 418 pp.
- Kozubíková E., Filipová L., Kozák P., Z. Ď., Martin M. P., Diéguez-Uribeondo J., Oidtmann B. & Petrusek A. 2009. Prevalence of the Crayfish Plague Pathogen *Aphanomyces astaci* in Invasive American Crayfishes in the Czech Republic. – *Conservation Biology* 23: 1204-1213.
- Lockwood J. L., Cassey P., Blackburn T. 2005. The role of propagule pressure in explaining species invasions – *Trends in Ecology and Evolution* 20: 223–228.
- Machino Y. & 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.
- Marianová, K. 2013. Výskyt raka kamenáče v Plzeňském kraji. Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni, 1-48. Plzeň.
- Martin, P., Pfeifer, M. & Füllner, G. 2008. First record of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) (Crustacea: Decapoda: Astacidae) from Saxony (Germany). – *Faunistische Abhandlungen*, 26: 103-108.
- Moorhouse T. P. & MacDonald D. W. 2011. Immigration rates of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in response to manual control measures. – *Freshwater Biology* 56: 993-1001.
- Mourek, J., Zavadil, V., Fischer, D., Štambergová, M. & Hoffmannová, K. 2006. Dva druhy raků v Zákolanském potoce. - Budeč 1 100 let. II. *Příroda - krajina - člověk*, 146-164.
- Pöckl, M. 1999. Distribution of crayfish species in Austria with special reference to introduced species. - *Freshwater Crayfish*, 12: 733-750.

- Pöckl M. & Streissl F. 2005. *Austropotamobius torrentium* as an indicator for habitat quality in running waters? – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 376-377: 743-758.
- Renz, M. & Breithaupt T. 2000. Habitat use of the crayfish *Austropotamobius torrentium* in small brooks and in lake Constance, southern Germany. – *Bull. Fr. Pêche Piscis.* 356: 139-154.
- Robinson C. A., Thom T. J. & Lucas M. C. 2000. Ranging behaviour of a large freshwater invertebrate, the white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes*. – *Freshwater Biology* 43: 509-521.
- Římalová K. & Bílý M. 2013. The movement patterns of *Austropotamobius torrentium* and *Astacus astacus*: Is a stony step a barrier? – *Freshwater Crayfish* 19: 69-75.
- Schütze S., Stein H. & Born O. 1999. Radio telemetry observations on migration and activity patterns of restocked noble crayfish *Astacus astacus* (L.) in the small River Sempt, north-east of Munich, Germany. – *Freshwater Crayfish* 12: 688-695.
- Sint D. & Füreder L. 2004. Reintroduction of *Astacus astacus* L. in East Tyrol, Austria. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 372-373: 301-314.
- Souty-Grosset C., Holdich D. M., Noël P. Y., Reynolds J. D. & Haffner P. eds. 2006. Atlas of Crayfish in Europe. – *Patrimoines Naturels* 64. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 187 pp.
- Streissl F. & Hödl W. 2002. Habitat and shelter requirements of the stone crayfish, *Austropotamobius torrentium* Schrank. – *Hydrobiologia* 477: 195-199.
- Svobodová J., Douda K., Štambergová M., Pícek 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. & Kozubíková E. 2009. Raci v České republice (Crayfish in the Czech Republic). – AOPK ČR, Praha, 255 pp.
- Valdmanová L. 2013. Morfologie raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) v ČR. Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni, 1-39. Plzeň.

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. & Fischer D. 2009b. Recent distribution, population densities and ecological requirements of the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in the Czech Republic. – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 13: 384-395.

Webb M. & Richardson A. 2004. A radio telemetry study of movement in the giant Tasmanian freshwater crayfish, *Astacopsis gouldi*. – *Freshwater Crayfish* 14: 197-204.

Wutz S. & Geist J. 2013. Sex- and size-specific migration patterns and habitat preferences of invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana). – *Limnologica* 43: 59-66.

## 9 Přílohy

### Příloha 1: Bzovský potok

ID	Kód	Pohlaví	Délka těla (mm)	Podélný profil (m)	Příčný profil (cm)	Kamen (mm)	Podélný profil (m)	Příčný profil (cm)	Kamen (mm)
1	00010000	F	72	3	10	8-15	8	250	5-8
2	00010001	M	39	3	70	8-15			
3	00010010	F	32	3	10	5-8			
4	00010011	M	56	4	0	8-15			
5	00010100	M	55	4	0	8-15			
6	00010101	M	37	4	0	5-8			
7	00010110	M	61	5	0	0-5	5	0	5-8
8	00010111	M	57	5	0	8-15			
9	00011000	F	37	5	0	8-15			
10	00011001	M	53	5	200	8-15			
11	00011010	M	59	5	200	15-30	5	200	5-8
12	00011011	M	57	6	0	> 30			
13	00011100	F	56	6	0	> 30			
14	00011101	F	60	6	0	> 30			
15	00011110	M	60	7	0	> 30			
16	00011111	F	70	7	200	8-15			
17	00100000	M	50	7	200	> 30			
18	00100001	F	63	7	200	> 30	-3	110	5-8
19	00100010	M	81	8	200	15-30	8	0	15-30
20	00100011	F	40	8	200	8-15			
21	00100100	M	51	9	0	8-15			
22	00100101	M	59	9	0	15-30	8	0	15-30
23	00100110	M	60	10	0	15-30			
24	00100111	F	75	11	250	15-30			
25	00101000	M	70	11	250	15-30			
26	00101001	M	57	11	250	> 30	11	250	> 30
27	00101010	F	57	11	250	> 30	25	0	15-30
28	00101011	M	64	11	0	15-30			
29	00101100	F	76	12	0	> 30			
30	00101101	M	71	12	250	> 30			
31	00101110	F	57	12	250	15-30			
32	00101111	F	71	12	250	15-30			
33	00110000	F	66	14	250	> 30			
34	00000001	F	68	16	250	> 30	17	150	> 30
35	00000010	F	67	16	250	15-30			
36	00000011	F	56	16	250	15-30			
37	00000100	M	62	16	0	15-30			
38	00000101	M	53	16	150	8-15			
39	00000110	M	53	17	90	> 30	17	150	> 30

40	00000111	M	52	17	0	8-15			
41	00001000	F	78	17	250	15-30			
42	00001101	M	54	17	250	15-30			
43	00001010	F	48	17	250	15-30			
44	00001011	F	61	17	250	15-30	20	250	15-30
45	00001100	F	75	18	250	> 30			
46	00001001	F	65	18	180	> 30			
47	00001110	F	73	18	0	> 30	20	0	15-30
48	00001111	M	58	18	0	> 30			
49	00010000	M	89	20	250	> 30	19	0	> 30
50	00010001	M	67	20	20	8-15			
51	00010010	M	47	21	120	8-15			
52	00010011	M	62	21	0	15-30	29	30	8-15
53	00010100	F	50	21	0	15-30			
54	00010101	M	50	22	30	8-15			
55	00010110	M	55	22	150	> 30			
56	00010111	M	60	23	0	8-15			
57	00011000	F	68	23	0	5-8			
58	00011001	F	55	23	120	8-15	23	130	8-15
59	00011010	F	52	23	150	8-15			
60	00011011	M	38	23	150	8-15			
61	00011100	M	35	23	100	5-8	22	130	0-5
62	00011101	M	40	24	130	8-15			
63	00011110	F	37	24	100	8-15			
64	00011111	F	38	25	120	8-15			
65	00100000	F	50	26	40	8-15			
66	00100001	M	75	27	30	8-15	26	30	8-15
67	00100010	F	52	27	100	8-15			
68	00100011	F	52	27	20	8-15			
69	00100100	F	40	28	20	8-15			
70	00100101	F	60	28	20	8-15			
71	00100110	M	54	29	50	5-8			
72	00100111	F	35	29	50	5-8			
73	00101000	F	65	30	40	8-15			
74	00101001	M	42	30	30	15-30			



## Příloha 2: Huníkovský potok

ID	Kód	Pohlaví	Délka těla (mm)	Podélný profil (m)	Příčný profil (cm)	Kamen (mm)	Podélný profil (m)	Příčný profil (cm)	Kamen (mm)
1	00000001	M	58	1	20	15-30			
2	00000010	M	32	1	70	15-30			
3	00000011	M	62	1	100	15-30			
4	00000100	M	67	1	100	15-30	2	120	15-30
5	00000101	M	59	1	190	15-30			
6	00000110	F	52	2	0	15-30			
7	00000111	F	67	2	200	15-30			
8	00001000	F	58	2	200	15-30			
9	00001001	F	52	2	190	5-8			
10	00001010	M	65	3	50	> 30			
11	00001011	F	62	3	50	> 30	5	190	> 30
12	00001100	F	59	4	50	> 30			
13	00001101	M	52	4	130	15-30			
14	00001110	M	58	4	30	> 30			
15	00001111	F	45	5	170	> 30			
16	00010000	F	52	5	170	> 30			
17	00010001	M	68	6	200	> 30			
18	00010010	M	50	6	170	15-30	6	190	15-30
19	00010011	F	52	6	170	15-30			
20	00010100	F	60	7	150	15-30			
21	00010101	M	52	7	160	15-30	13	110	8-15
22	00010110	F	56	7	160	15-30			
23	00010111	F	56	7	100	15-30	10	160	8-15
24	00011000	M	34	7	100	15-30			
25	00011001	F	56	7	150	> 30	8	10	8-15
26	00011010	M	61	7	150	> 30			
27	00011011	F	69	9	100	15-30			
28	00011100	M	53	9	0	> 30			
29	00011101	F	62	9	0	> 30			
30	00011110	F	71	9	90	> 30			
31	00011111	M	73	9	90	> 30			
32	00100000	F	64	10	100	> 30	10	50	8-15
33	00100001	F	55	10	100	> 30			
34	00100010	F	53	10	100	> 30			
35	00100011	F	68	10	80	> 30	8	120	> 30
36	00100100	F	52	10	80	> 30	14	60	5-8
37	00100101	F	40	10	80	> 30			
38	00100110	F	60	10	80	> 30	1	10	8-15
39	00100111	F	65	12	120	15-30			
40	00101000	M	78	13	90	> 30			

41	00101001	F	58	15	110	15-30			
42	00101010	M	52	16	90	8-15	7	190	8-15
43	00101011	M	40	18	110	8-15			
44	00101100	M	40	18	120	8-15			
45	00101101	M	36	19	100	8-15			
46	00101110	M	70	20	110	> 30	1	170	15-30
47	00101111	F	50	20	110	> 30			
48	00110000	M	65	21	100	15-30	23	120	15-30
49	00110001	F	52	22	70	15-30			
50	00110010	M	54	23	110	15-30			
51	00110011	F	60	23	120	15-30			
52	00110100	M	68	27	90	> 30			
53	00110101	F	65	27	100	> 30	53	100	> 30
54	00110110	M	56	28	100	> 30			
55	00110111	M	62	28	120	15-30			
56	00111000	F	56	30	120	> 30			
57	00111001	F	48	30	120	> 30			

### Příloha 3: Chýlava

ID	Kód	Pohlaví	Délka těla (mm)	Podélný profil (m)	Příčný profil (cm)	Kamen (mm)	Podélný profil (m)	Příčný profil (cm)	Kamen (mm)
1	00000001	F	40	1	120	15-30			
2	00000010	F	47	1	50	8-15			
3	00000011	M	41	1	130	15-30			
4	00000100	F	68	1	80	> 30			
5	oba vnitřní T	F	59	1	80	> 30	1	80	> 30
6	00000110	F	55	1	80	5-8	9	110	8-15
7	00000111	M	40	1	50	5-8			
8	00001000	M	40	2	110	15-30			
9	00001001	F	40	2	120	15-30			
10	00001010	F	45	2	150	15-30			
11	00001011	F	42	3	150	15-30			
12	00001100	F	45	3	150	15-30			
13	00001101	M	53	3	150	15-30			
14	00001110	M	56	4	100	> 30			
15	00001111	M	80	4	130	> 30			
16	00010000	F	68	4	130	> 30			
17	00010001	M	45	4	130	> 30			
18	00010010	F	39	5	70	5-8	7	150	5-8
19	00010011	F	53	5	120	15-30	6	110	> 30
20	00010100	M	40	7	70	8-15			
21	00010101	F	53	7	100	5-8	6	110	> 30
22	00010110	F	62	8	80	> 30			
23	00010111	F	70	9	120	> 30			
24	00011000	M	42	9	80	5-8			
25	00011001	M	41	9	90	15-30			
26	00011010	M	40	9	80	8-15			
27	00011011	M	40	9	130	8-15			
28	00011100	M	61	9	180	15-30			
29	00011101	M	35	10	130	> 30			
30	00011110	F	45	10	110	8-15			
31	00011111	F	38	10	60	> 30			
32	00100000	F	38	10	60	> 30			
33	00100001	F	43	10	60	> 30			
34	00100010	M	32	10	30	15-30			
35	00100011	F	64	10	160	> 30			
36	00100100		33	10	150	15-30			
37	* P. vnitřní T	F	58	11	140	8-15	11	110	> 30
38	* L. vnější T	F	43	11	110	15-30			
39	00100111	F	65	11	120	> 30	11	130	> 30

40	00101000	M	44	12	40	5-8			
41	00101001	F	63	12	80	5-8			
42	00101010	M	46	13	60	8-15	13	80	15-30
43	00101011	F	32	13	10	15-30			
44	00101100	M	32	13	30	15-30			
45	00101101	F	63	14	10	15-30			
46	00101110	M	32	15	30	15-30	13	30	5-8
47	00101111	F	38	15	10	5-8			
48	00110000	M	73	11	120	> 30			
49	00110001	M	54	16	120	> 30			
50	00110010	F	48	18	220	> 30			
51	00110011	M	46	18	220	> 30			
52	00110100	F	46	26	150	15-30			
53	00110101	F	38	28	30	15-30			
54	00110110	F	40	29	30	15-30			
55	00110111	M	38	29	30	15-30			
56	00111000	F	32	29	30	15-30			
57	00111001	F	40	29	60	15-30			
58	00111010	F	30	29	60	15-30			
59	00111011	M	30	29	60	15-30			

## Příloha 4: Valdecký potok

ID	Kód	Pohlaví	Délka těla (mm)	Podélný profil (m)	Příčný profil (cm)	Kamen (mm)	Podélný profil (m)	Příčný profil (cm)	Kamen (mm)
1	00000001	M	58	1	0	15-30	2	70	8-15
2	00000010	M	33	1	60	15-30	1	70	8-15
3	00000011	M	34	1	50	8-15			
4	00000100	M	52	1	80	8-15			
5	00000101	M	79	1	20	> 30			
6	00000110	F	55	2	60	15-30			
7	00000111	F	45	2	60	8-15			
8	00001000	F	62	2	70	15-30			
9	00001001	F	50	2	70	5-8	3	30	15-30
10	00001010	M	50	3	10	8-15	3	50	15-30
11	00001011	F	36	3	20	8-15			
12	00001100	F	63	3	30	15-30			
13	00001101	M	73	3	30	> 30	1	0	> 30
14	00001110	F	40	3	40	5-8	3	50	8-15
15	00001111	F	75	4	30	15-30			
16	00010000	F	65	5	40	15-30			
17	00010001	F	75	5	20	15-30	3	50	15-30
18	00010010	M	35	7	0	8-15			
19	00010011	F	64	7	80	> 30	7	0	8-15
20	00010100	F	60	9	10	15-30			
21	00010101	F	33	9	30	15-30			
22	00010110	M	35	10	80	8-15			
23	00010111	F	73	10	30	> 30	10	30	> 30
24	00011000	M	74	10	30	> 30			
25	00011001	M	76	11	80	8-15	17	50	> 30
26	00011010	F	56	13	10	8-15	13	50	15-30
27	00011011	M	50	13	30	> 30			
28	00011100	M	43	13	30	> 30			
29	00011101	F	43	13	100	8-15	17	60	15-30
30	00011110	M	67	13	100	5-8			
31	00011111	M	58	13	40	> 30			
32	00100000	F	60	14	40	> 30	15	100	8-15
33	00100001	F	60	14	70	> 30			
34	00100010	M	39	15	100	8-15			
35	00100011	F	54	16	100	> 30			
36	00100100	F	62	17	30	> 30	3	50	15-30
37	00100101	M	78	17	30	> 30			
38	00100110	M	68	17	80	15-30			
39	00100111	M	59	17	80	15-30			
40	00101000	F	69	20	70	15-30			
41	00101001	M	36	20	70	15-30			
42	00101010	M	30	20	70	15-30			
43	00101011	F	64	27	30	8-15	21	100	8-15
44	00101100	M	68	29	0	> 30			

## Příloha 5: Bzovský potok - zpětně odchytení jedinci vyhodnocení migrace

Počet	ID	Podélný profil 1 (m)	Podélný profil 2 (m)	Příčný profil 1 (m)	Příčný profil 2 (m)	a	b	c	D/U/S
1	1	3	8	0,1	2,5	5	2,4	5,55	U
2	7	5	5	0	0	0	0	0,00	S
3	11	5	5	0	0	0	0	0,00	S
4	18	7	-3	2	1,1	10	0,9	10,04	D
5	19	8	8	2	0	0	2	2,00	S
6	22	9	8	0	0	1	0	1,00	D
7	26	11	11	2,5	2,5	0	0	0,00	S
8	27	11	25	2,5	0	14	2,5	14,22	U
9	34	16	17	2,5	1,5	1	1	1,41	U
10	39	17	17	0,9	1,5	0	0,6	0,60	S
11	44	17	20	2,5	2,5	3	0	3,00	U
12	47	18	20	0	0	2	0	2,00	U
13	49	20	19	2,5	0	1	2,5	2,69	D
14	52	21	29	0	0,3	8	0,3	8,01	U
15	58	23	23	1,2	1,3	0	0,1	0,10	S
16	61	23	22	1	1,3	1	0,3	1,04	D
17	66	27	26	0,3	0,3	1	0	1,00	D

## Příloha 6: Huníkovský potok - zpětně odchyčení jedinci vyhodnocení migrace

Počet	ID	Podélný profil 1 (m)	Podélný profil 2 (m)	Příčný profil 1 (m)	Příčný profil 2 (m)	a	b	c	D/U/S
1	4	1	2	1	1,2	1	0,2	1,0	U
2	11	3	5	0,5	1,9	2	1,4	2,4	U
3	18	6	6	1,7	1,9	0	0,2	0,2	S
4	21	7	13	1,6	1,1	6	0,5	6,0	U
5	23	7	10	1	1,6	3	0,6	3,1	U
6	25	7	8	1,5	0,1	1	1,4	1,7	U
7	32	10	10	1	0,5	0	0,5	0,5	S
8	35	10	8	0,8	1,2	2	0,4	2,0	D
9	36	10	14	0,8	0,6	4	0,2	4,0	U
10	38	10	1	0,8	0,1	9	0,7	9,0	D
11	42	16	7	0,9	1,9	9	1	9,1	D
12	46	20	1	1,1	1,7	19	0,6	19,0	D
13	48	21	23	1	1,2	2	0,2	2,0	U
14	53	27	28	1	1	1	0	1,0	U

## Příloha 7: Chýlava – zpětně odchytení jedinci vyhodnocení migrace

Počet	ID	Podélný profil 1 (m)	Podélný profil 2 (m)	Příčný profil 1 (m)	Příčný profil 2 (m)	a	b	c	D/U/S
1	5	1	1	0,8	0,8	0	0	0,0	S
2	6	1	9	0,8	1,1	8	0,3	8,0	U
3	21	7	7	1	1,5	0	0,5	0,5	S
4	22	8	6	0,8	1,1	2	0,3	2,0	D
5	24	9	6	0,8	1,1	3	0,3	3,0	D
6	37	11	11	1,4	1,1	0	0,3	0,3	S
7	39	11	11	1,2	1,3	0	0,1	0,1	S
8	42	13	13	0,6	0,8	0	0,2	0,2	S
9	46	15	13	0,3	0,3	2	0	2,0	D

## Příloha 8: Valdecký potok – zpětně odchytení jedinci vyhodnocení migrace

Počet	ID	Podélný profil 1 (m)	Podélný profil 2 (m)	Příčný profil 1 (m)	Příčný profil 2 (m)	a	b	c	D/U/S
1	1	1	2	0	0,7	1	0,7	1,2	U
2	2	1	1	0,6	0,7	0	0,1	0,1	S
3	9	2	3	0,7	0,3	1	0,4	1,1	U
4	10	3	3	0,1	0,5	0	0,4	0,4	S
5	13	3	1	0,3	0	2	0,3	2,0	D
6	14	3	3	0,4	0,5	0	0,1	0,1	S
7	17	5	3	0,2	0,5	2	0,3	2,0	D
8	19	7	7	0,8	0	0	0,8	0,8	S
9	23	10	10	0,3	0,3	0	0	0,0	S
10	25	11	17	0,8	0,5	6	0,3	6,0	U
11	26	13	13	0,1	0,5	0	0,4	0,4	S
12	29	13	17	1	0,6	4	0,4	4,0	U
13	32	14	15	0,4	1	1	0,6	1,2	U
14	36	17	3	0,3	0,5	14	0,2	14,0	D
15	43	27	21	0,3	1	6	0,7	6,0	D