

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ  
CENTRUM BIOLOGIE, GEOVĚD A ENVIGOGIKY

PAN DOMÁCÍ NEBO TULÁK: MIGRAČNÍ CHOVÁNÍ RAKA KAMENÁČE

Diplomová práce

**Bc. Kateřina Hlavatá**

*Učitelství biologie pro SŠ (maior) - Učitelství tělesné výchovy pro SŠ (minor)*

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

**Plzeň, 2022**

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

V Plzni, 29.6.2022

.....  
vlastnoruční podpis

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat všem, kteří mě přímo či nepřímo podporovali při psaní diplomové práce. Především bych chtěla poděkovat RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D., za ochotu během konzultací při zpracovávání této práce, za pomoc při korektuře textu i za pomoc při zpracovávání dat.

# Obsah

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>6</b>
1.1. ZAŘAZENÍ DO SYSTÉMU .....	6
1.2. MORFOLOGIE RAKŮ.....	6
1.2.1. <i>Exoskelet</i> .....	6
1.2.2. <i>Vnější stavba</i> .....	6
1.2.3. <i>Končetiny</i> .....	7
1.2.4. <i>Endoskelet</i> .....	9
1.2.5. <i>Pohlavní dimorfismus</i> .....	9
1.3. ROZMNOŽOVÁNÍ A ŽIVOTNÍ CYKLUS .....	9
1.4. RŮST A SVLÉKÁNÍ .....	10
1.5. POTRAVA .....	11
1.6. PREDÁTOŘI .....	11
1.7. SYSTEMATIKA A ROZŠÍŘENÍ RAKŮ.....	12
1.8. DRUHY RAKŮ V EVROPĚ .....	13
1.8.1. <i>Původní druhy raků v Evropě</i> .....	13
1.8.2. <i>Nepůvodní druhy raků v Evropě</i> .....	13
1.9. RACI V ČESKÉ REPUBLICE .....	14
1.9.1. <i>Rak říční (Astacus astacus)</i> .....	14
1.9.2. <i>Rak bahenní</i> .....	15
1.9.3. <i>Rak signální</i> .....	16
1.9.4. <i>Rak pruhovaný</i> .....	17
1.9.5. <i>Rak mramorovaný</i> .....	19
1.9.6. <i>Rak kamenáč</i> .....	20
1.10. PŘÍČINY OHROŽENÍ .....	23
1.11. LEGISLATIVA.....	24
1.12. MIGRACE .....	25
1.13. CÍLE PRÁCE .....	27
<b>2. METODIKA</b> .....	<b>28</b>
2.1. CHARAKTERISTIKA TOKŮ .....	28
2.2. CHOCENICKÝ POTOK .....	28
2.3. LEVOSTRANNÝ PŘÍTOK MÍTOVSKÉHO POTOKA.....	28
2.4. SKOŘICKÝ POTOK .....	28
2.5. DESIGN EXPERIMENTU .....	28
2.6. STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ DAT .....	30
<b>3. VÝSLEDKY</b> .....	<b>31</b>
3.1. DÉLKOVÁ STRUKTURA NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH.....	31
3.2. POROVNÁNÍ DÉLKOVÉ STRUKTURY TĚLA MEZI POTOKY .....	32
3.3. POHLAVNÍ STRUKTURA NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH .....	32
3.4. POROVNÁNÍ DÉLKY MIGRACE MEZI POHLAVÍMI.....	33
3.5. POROVNÁNÍ MIGRACE RAKŮ MEZI POTOKY .....	34
3.6. PREZENTACE MIGRACÍ NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH .....	34
3.6.1. <i>Chocenický potok</i> .....	34
3.6.2. <i>Levostranný přítok Mítovskeho potoka</i> .....	36
3.6.3. <i>Skořický potok</i> .....	38
3.6.4. <i>Homing raků na jednotlivých tocích</i> .....	41
3.6.5. <i>Homing raků na jednotlivých tocích v závislosti na pohlaví</i> .....	41
3.7. DÉLKY POHYBŮ NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH .....	42
3.7.1. <i>Chocenický potok</i> .....	42
3.7.2. <i>Levostranný přítok Mítovskeho potoka</i> .....	44
3.7.3. <i>Skořický potok</i> .....	46
3.8. SROVNÁNÍ DÉLKY POHYBŮ MEZI TOKY .....	48
<b>4. DISKUZE</b> .....	<b>49</b>

<b>5.</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>51</b>
<b>6.</b>	<b>RESUMÉ</b> .....	<b>53</b>
<b>7.</b>	<b>CIZOJAZYČNÉ RESUMÉ</b> .....	<b>54</b>
<b>8.</b>	<b>SEZNAM LITERATURY</b> .....	<b>55</b>
<b>9.</b>	<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>61</b>
9.1.	PŘÍLOHA 1: ZÁZNAMOVÝ ARCH Z CHOCENICKÉHO POTOKA .....	61
9.2.	PŘÍLOHA 2: ZÁZNAMOVÝ ARCH Z LEVOSTRANNÉHO PŘÍTOKU MÍTOVSKÉHO POTOKA .....	62
9.3.	PŘÍLOHA 3: ZÁZNAMOVÝ ARCH ZE SKOŘICKÉHO POTOKA .....	63

# 1. Úvod

## 1.1. Zařazení do systému

Raci jsou vodní živočichové, kteří dle systému jsou řazeni do kmene členovců (*Arthropoda*). Dále spadají do podkmene korýši (*Crustaceae*), kde v rámci této skupiny jsou následně řazeni do řádu desetinožců (*Decapoda*) (Crandal a Buhay, 2008).

## 1.2. Morfologie raků

### 1.2.1. Exoskelet

Raci mají měkké tělo, které je kryto pevným krunýřem (exoskeletem). Krunýř je vylučován pokožkou, která se vyskytuje pod silnou vrstvou kutikuly. Kutikula je nebuněčná hmota, která obsahuje různé látky, nejvíce ji však tvoří chitin. Dalšími látkami, které mohou být v kutikule obsažené jsou proteiny, aminokyseliny, lipidy a minerální soli, kde se zejména vyskytuje uhličitan a fosforečnan vápenatý. Chitin se nevyskytuje v přírodě jako čistá látka. Raci ji získávají nejspíše metabolickými procesy glykogenu, jelikož během syntézy chitinu a svlékání krunýře velmi klesá hladina glykogenu ve tkáních. Hlavní funkcí kutikuly je mechanická, ale i chemická odolnost proti vnějšímu prostředí. Díky hormonálnímu řízení rak kutikulu v určitých časových intervalech svléká a vytváří si novou. Tento proces se nazývá ekdyse. Nová kutikula bývá nějaký čas měkká. Hlavním důvodem je růst jedince. Postupně se kutikula zpevňuje a inkrustuje pomocí gastrolitů (Štambergová et al., 2009; Kozák et al., 2015).

### 1.2.2. Vnější stavba

Račí tělo je složeno ze dvou částí: hlavohruď a zadečku. Hlavohruď vznikla srůstem 13 tělních článků. Svrchní strana a boky jsou kryty hlavohrudním krunýřem, též zvaným jako karapax. Karapax vybíhá vpředu ve špičatý výběžek zvaný rostrum nebo také čelní trn. Právě tvar rostra je důležitým poznávacím znakem při zjišťování jednotlivých račích druhů. Jeho funkce je především ochranná. Chrání rakovi jeho složené oči, které má po stranách na stopkách a před napadením predátorů zepředu. Za očima na hřbetní straně karapaxu se nachází jeden nebo dva páry postorbitálních lišt, které též slouží pro identifikaci jednotlivých druhů (Kozák et al., 2015; Souty-Grosset et al., 2006; Štambergová et al., 2009). Povrch karapaxu může být hladký, u některých druhů se mohou vyskytovat drobné hrbolky, či ostré trny (Hobbs, 1987). Na svrchní

straně karapaxu mezi hlavou a hrudí se vyskytuje rýha, tzv. týlní šev. Za ní se vyskytují dvě podélné rýhy, tzv. žábrosrdečné švy. Boky karapaxu (branchiostegity) jsou volné z důvodu umístění dýchacích orgánů, žaber. Ty slouží rakům při příjmu kyslíku rozpuštěném ve vodě (Hobbs, 1987; Kozák et al., 2015; Štambergová et al., 2009). Zadeček raků je zřetelně článkovaný a jeho velikost se přibližně shoduje s velikostí jeho hlavohrudí. Zadeček neboli *abdomen* či *pleon* je tvořen šesti články, které jsou krátké a široké. Jednotlivé články jsou kloubně spojeny, čímž tak umožňují rakům se zadečkem pohybovat. Na svrchní straně jsou články kryty tvrdými štítky. Poslední šestou část zadečkového článku tvoří plochá ocasní ploutvička, zvaná *telson*. Telson není pravým tělním článkem, vznikl totiž jako vychlípenina předchozího článku, a tím tak nenesé žádné končetiny. Jeho hlavní funkcí je nést na spodní straně řitní otvor (Kozák et al., 2015; Štambergová et al., 2009).

### 1.2.3. Končetiny

Raci spadají do řádu *Decapoda*, pro kterou je charakteristická přítomnost deseti končetin. Pár končetin vyrůstá na každém článku, vyjma prvního a posledního. Na prvním článku se nacházejí místo končetin složené oči a na posledním článku jsou končetiny zcela redukované a chybí. První pár končetin je přeměněn na klepeta. Druhý pár končetin je přeměněn na tykadla neboli *antenuly*, jejichž hlavní funkcí je funkce smyslová. Tykadla totiž nesou na vnější hraně zářez, který vede do rovnovážného ústrojí. Tykadla tak zastávají funkci rovnovážnou, čichovou, ale také i hmatovou. Další pár končetin je též přeměněn, a to konkrétně na druhý pár tykadel, též známý jako *anteny*. Zde tento pár přebírá jen funkci hmatovou. Společně pak s rostrem navíc chrání oči raka před poškozením. Následující tři páry končetin spadají do ústního aparátu raka. Konkrétněji se jedná o jeden pár kusadel a dva páry čelistí. Jejich hlavní funkcí je podávání potravy a její rozmělnění na menší části před samotným pohlcením. Kusadla neboli mandibuly se nachází po stranách ústního otvoru. Vzhledově jsou kusadla velmi robustní, ale krátká (Kozák et al., 2015; Štambergová et al., 2009). Kusadla mají na jejich vnitřní straně ostré břity, které slouží rakům především k drcení potravy. Dva páry čelistí jsou vzhledově spíše ploché, laločnaté a na vnitřních okrajích jsou hustě pokryty štětinami. Těmi přidržují a podávají části potravy kusadlům. Druhý pár maxil je opatřen vodohybným orgánem. Tím tak rak reguluje proud vody, který se dostává do žaberní dutiny.

Hrudní část těla raků nese osm párů končetin. První tři páry nohou jsou velmi nenápadné, zkrácené, a jejich hlavní funkcí je nápomoc čelistem s manipulací potravy. Proto tak dostaly

název nohočelisti neboli *maxilopody*. Tyto končetiny odvádějí vydýchanou vodu a primární moč z těla ven. Na druhém páru maxilopodech se nacházejí mimo jiné i dýchací výrůstky, takzvané *podobranchium*, které jsou součástí dýchacího aparátu. Třetí pár nohočelistí společně s druhým párem zajišťují pevné uchopení potravy. Navíc se na třetím páru vyskytuje i svazek žaberních nití, které očišťují žaberní výrůstky pro lepší dýchací funkci raka. Následujících pět párů končetin se nazývají kráčivé končetiny neboli *pereopody*. První pár pereopodů je velmi specifický, jelikož je opatřen klepety. Všechny páry, kromě posledního, obsahují na koxálním článku žábry. Poslední pár končetin žábry nenese z toho důvodu, že by nedosahovaly do žaberní komory. U některých druhů se u samců vyskytuje na určitých *pereopodech* zpětný hák, kterým se zachytí při páření o samičku, a tím tak vytvoří přesnou polohu pro přesun spermatoforu do semenné schránky. Druhý a třetí pár kráčivých končetin je zakončen drobnými klepítky, zatímco na čtvrtém a pátém páru je zakončení ostrým drápkem. To slouží především pro šplhání a přidržování se podkladu. U samců se vyskytuje na vnitřní straně posledního páru kráčivých končetin pohlavní otvor sloužící k rozmnožování.

Na zadečkové části vyrůstá posledních šest párů končetin. Prvních pět párů končetin se nazývá pleopody. Jedná se o nožky, které v mládí zastávají plovací funkci. V dospělosti tuto funkci převážně ztrácejí, a to především díky velké hmotnosti jedince. Pleopody mají hned několik funkcí. Jejich pohybem přivádějí čerstvou vodu k žaberním komorám, pokud je rak schovaný v noře nebo je v klidu. Samci mají první dva páry *pleopodů* přeměněné na kopulační nožky, takzvané *gonopody*, které slouží k páření. Konkrétněji vytlačováním spermatoforu a přenosem na samičí tělo. U samic dochází k tomu, že si na plovací nožky lepí vajíčka a pomocí nich poté přivádí okysličenou vodu pro svá mláďata. Vzhled gonopodů je různorodý a díky tomu se tak stává i rozlišovacím znakem pro určité druhy raků. Poslední pár zadečkových končetin se nazývá uropod, jejich vzhled je velmi charakteristický. Tvoří dvě ploché, lupínkovité destičky, které jsou umístěné po stranách telsonu. Jeho hlavní funkcí je pohyb, především pohyb vzad při rychlé útěkové reakci (Kozák et al., 2015; Štambergová et al., 2009).



#### **1.2.4. Endoskelet**

Vnitřní stěny hlavohrudí společně s břišní stranou vytváří pevné struktury, takzvaný endofragmální systém, který zpevňuje raka zevnitř a vytváří tak vnitřní kostru. Endoskelet sjednocuje tělní články do jednoho pevného celku. Též tvoří oporu pro kloubní spojení mezi hlavohrudí a končetinami. Vnitřní kostra je tvořena přepážkami a sloupy, které jsou původem vychlípeninami kutikulární pokožky, a též jsou vystaveny a podléhají svlékání v procesu ekdyze. Stěny kutikulárních váčků jsou tvořené chitinem a minerálními solemi. Endoskelet tvoří oporu pro kloubní spojení hlavohrudí s končetinami (Kozák et al., 2015).

#### **1.2.5. Pohlavní dimorfismus**

Raci mají většinou oddělená pohlaví. Mezi samcem a samicí se vyskytují drobné znaky, které tak vytváří pohlavní dimorfismus. Prvním znakem je velikost samotného raka a velikost klepet. Většinou jsou samci mohutnější oproti samicím, které bývají menší a drobnější. U samic je ale zřetelné rozšíření zadečku, a to především z důvodu ochrany vajíček, které nese na jeho spodní straně. Důležitý znak, který odlišuje samce od samice jsou kopulační orgány. Samec má první dva páry zadečkových končetin upravené na kopulační nožky neboli gonopody, jimiž dokáže oplodnit samičku. Naopak u samic je první pár zadečkových končetin zakrnělý a nefunkční. Posledním znakem je umístění pohlavních vývodů. Samci mají pohlavní vývody na bázi končetin osmého hrudního článku, zatímco u samic leží na bázi končetiny šestého hrudního článku (Patoka, 2008; Štambergová et al., 2009).

### **1.3. Rozmnožování a životní cyklus**

Začátek reprodukce je ovlivněn několika faktory, které na raka působí. Mezi faktory patří především hormonální řízení raka, teplota vody ale i délka doby denního světla za den (Ďuriš a Horká 2005; Kozák et al., 2015). Začátek rozmnožování je iniciován i produkcí feromonů. Doba páření je u původních druhů raků vázána na podzimní měsíce. V tomto období se samec dostává do přímého kontaktu se samicí, a to především pomocí tykadel a klepet. Pokud samice neutěče a je připravena na páření, samec ji pomocí klepet otočí břišní stranou těla k sobě. Dojde k přiblížení obou břišních stran raků, a samec začíná produkovat spermatofory pomocí gonopodů, které následně lepí do blízkosti vývodů jejích pohlavních cest. Po tomto procesu následuje kladení vajíček a oplodnění. Kladení vajíček nastává zhruba po dvou až třech hodinách od doby páření, a to převážně v nočních hodinách (Kozák et al., 2015). Samice začíná

ohýbat zadeček k hlavohruď tak, aby vytvořila uzavřenou dutinu, do které začíná klást vajíčka. Navíc produkuje do dutiny sekret ze slizových žláz, které pomocí nožiček promíchává a tím tak dochází k rozpuštění ochranných obalů spermatoforů, a díky tomu může dojít k oplození vajíček. Oplozená vajíčka jsou přichycena na pleopody samice (Holdich a Reeve 1988). Další fáze, která následuje je fáze inkubační. U evropských druhů raků nosí samička oplozená vajíčka až do jarního období (Kozák et al., 2015). Délka vývoje vajíček se ale u každého druhu raka liší. Má na ni vliv především teplota vody, zeměpisná šířka ale i nadmořská výška (Štambergová et al., 2009; Policar et al., 2004). Poslední fází je líhnutí a vývoj nových jedinců. Na jaře během líhnutí dochází k prasknutí obalu vajíčka, ze kterého se uvolňuje juvenilní jedinec v prvním vývojovém stadiu. Tito jedinci nejsou schopni pohybu a jsou stále připevněni pomocí telsonového vlákna na břišní stranu samice. Po několika svlékání se jedinci osamostatňují od samice a jsou schopni samostatného života (Holdich a Reeve 1988; Kozák et al., 2015).

#### **1.4. Růst a svlékání**

Růst raků je úzce spojen s obdobím mezi svlékáním. Rychlost růstu a počet svlékání je velmi individuální záležitost. Hraje zde roli velmi mnoho faktorů, mezi které patří například pohlaví, konkrétní druh raka, teplota, fotoperioda, potrava či hustota populace. Vesměs ale platí, že s přibývajícím věkem raka se snižuje počet svlékání, a to z důvodu toho, že již nedochází ve větší míře k jeho růstu. Díky krunýři, který raci mají, jsou omezeni v daném období na určitou velikost těla. Ve fázi, kdy je už krunýř nedostatečně velký pro raka, dochází ke svlékání neboli k ekdyzi. Tento proces je pro raky velmi náročný. Samozřejmě jsou raci v tomto období i nejzranitelnější. Hlavním iniciátorem pro řízení ekdyze je endokrinní soustava. Tu ovlivňují i další faktory, jako jsou: zdravotní stav, teplota vody, či její chemické složení. Dochází k tomu, že X-orgán a sinusová žláza produkují hormony, který zahajují proces svlékání. Dalším orgánem podílejícím se na tomto procesu je Y-orgán, který vytváří a produkuje hormon zvaný ekdyzon, a společně s jeho deriváty ovlivňují růst a regeneraci jednotlivých částí těla. Před samotným procesem svlékání se rakům začíná zvětšovat útvar zvaný gastrolit, do kterého se ukládá velké množství minerálů a slouží jako zásobárna. Raci ho využívají právě po procesu svlékání pro následnou rekalcifikaci krunýře. Po procesu ekdyze následuje výměna krunýře. Ta začíná prasknutím starého krunýře na hřbetní straně těla. Poté rak vytáhne hlavohruď z kaparaxu. Následuje uvolnění abdomenu, klepet a posléze i končetin. Doba svlékání je přibližně několik minut. Při výměně krunýře se u raka již vyskytují pod starou vrstvou kutikuly vrstvy nové, které jsou měkké. Po tomto období raci uvolňují z gastrolitů zásobní látky, které rekalcifikují části těla. Minerální látky také získávají ze starého krunýře, který požírají. Nový

krunýř je nejprve zpevněn chitinem, a poté je kalcifikován. Doba celkové rekalcifikace těla jsou dva až čtyři dny (Kozák et al., 2015).

## 1.5. Potrava

Potrava raků je velmi pestrá, jelikož spadají do skupiny všežravců. Živí se jak rostlinnou, tak živočišnou stravou. Co se týká rostlinné potravy, raci konzumují především detrit, řasy a vodní rostliny kam spadají například mechy. Živočišná strava raků obsahuje drobné bezobratlé živočichy, vodní larvy hmyzu, jikry, ale také i ryby (Souty-Grosset et al., 2006; Kozák et al., 2015). Složení potravy u raků se mění v závislosti na jejich věku. Je to z důvodu toho, že se rakům mění jejich dutina ústní. Mladí juvenilní jedinci svou potravu filtrují, tím pádem jejich hlavní složkou potravy jsou drobní bezobratlí a vodní řasy. Zatímco dospělí jedinci již mají schopnost drtit potravu, a tím se tak stávají jejich hlavní složkou potravy vodní rostliny a detrit. Důležitým faktorem na složení potravy je i roční období, a s tím spojená i potravní nabídka. Určitou roli ve složení hraje ještě ekdyze a rozmnožování. V tomto období raci spíše filtrují potravu v úkrytech a nevystavují se ohrožení při predaci (Goddard 1988; Štambergová et al., 2009; Kozák et al., 2015).

## 1.6. Predátoři

Raci jsou ohrožováni velkým množstvím živočichů, ať už predátory vodními, tak i suchozemskými. Raci jsou nejvíce zranitelní v jejich raném stádiu vývoje, v období před a ihned po procesu svlékání. Predátorem raka je i rak samotný. U raků se totiž vyskytuje kanibalismus, ať už mezi juvenilními jedinci, mezi dospělým jedincem vůči juvenilnímu jedinci, tak ale i dospělí jedinci stejného druhu, kteří mezi sebou útočí v období bezprostředně po svlékání. Mezi predátory ze skupiny bezobratlých živočichů patří například larvy vážek, šídel a vodních brouků, které loví především malá ráčata. Raci jsou ohrožováni i některými druhy ryb. Autor Hager (1996) uvádí tyto nejvýznamnější rybí predátory: úhoře říčního (*Anguilla Anguilla*), kapra obecného (*Cyprinus carpio*), pstruha (*Salmo Trutta*) a okouna říčního (*Perca fluviatilis*). Predátoři raků jsou ale i štiky, lipani, hrouzci, sumci, mníci, mřenky, plotice, vranky, siveni, ostroretky, parmy a líni. Další skupina predátorů, která raky ohrožuje, je třída: ptáci. Jedná se především o druhy, které žijí a vyskytují se v blízkosti vodního prostředí. Příklady těchto ptačích predátorů jsou: volavky popelavé (*Ardea Cinerea*), čápi (*Ciconia spp.*), ledňáčci říční (*Alcedo atthis*), ale i vrána obecná (*Corvus corone*), pušník obecný (*Strix aluco*), kachny

(*Anas* spp.) ale i rackové (*Rhodostethia* spp.) (Hogger 1988; Štambergová et al., 2009). Poslední skupina predátorů, která se živí a ohrožuje tak raky je skupina savců. Jedná se především o tyto živočichy: vydra říční (*Lutra lutra*), norka amerického (*Neovison vison*) a ondatru pižmovou (*Ondatra zibethicus*) (Kozák et al., 2015).

### **1.7. Systematika a rozšíření raků**

Raci spadají do kmene Arthropoda neboli členovců, poté do podkmene Crustaceae (korýšů). Dále patří do třídy Malacostraca (rakovci), a do již zmiňovaného řádu Decapoda (desetinožci). Raci se poté člení ještě na podřád Pleocyemata, což je skupina desetinožců, která se stará a pečuje o svá vajíčka, či o raná stádia mláďat (Regier et al., 2010). Sladkovodní raci se člení do infrařádu: Astacidea, který se dále dělí na nadčeleď Astacoidea. Tato nadčeleď se dělí do jednotlivých čeledí: Astacidae, Cambaridae, Cambaroididae, Cricoidoscelosidae a Parastacidae. Na severní polokouli nalezneme převážně raky z nadčeledi Astacidae a Cambaridae. Na jižní polokouli se vyskytují raci z nadčeledi Parastacidae. Rozdíl je především v zeměpisném rozšíření raků, specifických pro jejich přirozený výskyt (Crandall a de Grave, 2017). Čeleď Astaciade nalezneme především v Evropě, části západní Asie a na západě Severní Ameriky (Crandall a Buhay, 2008). Pro čeleď Cambaridae je přirozený výskyt raků v oblasti Severní Ameriky a rozšiřuje se až do oblasti Střední Ameriky. Několik málo druhů z této skupiny můžeme nalézt i v oblasti východní Asie (Souty-Grosset et al., 2006). Pro čeleď Parastacidae je typický přirozený výskyt jen na jižní polokouli, a to především v Austrálii, Tasmánii, na Novém Zélandu či na ostrově Papua-Nová Guinea. Dále můžeme nalézt endemické druhy z této čeledi v Jižní Americe či na Madagaskaru (Crandall a Buhay, 2008; Štambergová et al., 2009; Crandall a de Grave, 2017).

## 1.8. Druhy raků v Evropě

### 1.8.1. Původní druhy raků v Evropě

Jak jsem již zmiňovala, na území Evropy se přirozeně nevyskytuje mnoho druhů raků. Máme pouze pět původních druhů. Jedná se o zástupce z čeledi Astacidae a rodu **Astacus**: raka říčního (*Astacus astacus*) (Linnaeus, 1758), kterého nalezneme až ve 39 evropských zemích (Kouba et al., 2014; Crandall et de Grave, 2017). Z rodu **Pontastacus** u nás nalezneme raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) (Eschscholtz, 1823) a zástupce *Astacus pachypus* (Rathke, 1837). Mezi zástupce rodu **Austropotamobius**, kteří se vyskytují na území Evropy jsou: rak bělonohý (*Austropotamobius pallipes*) (Lereboullet, 1858) a rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) (Schränk, 1803), jehož výskyt dominuje v oblastech povodí Dunaje a Labe, a tím je tak jeho rozšíření omezeno pouze na 20 států (Crandall a de Grave, 2017; Vlach, 2017).

### 1.8.2. Nepůvodní druhy raků v Evropě

V Evropě se v současnosti vyskytuje a je zaznamenáno 11 nepůvodních druhů raků. (Kouba et al., 2014; Souty-Grosset et al., 2006). Nejčastěji se setkáme s druhy z čeledi Cambaridae, kam spadá například rak červený, rak pruhovaný nebo také rak mramorovaný. Z čeledi Astacidae, nalezneme v Evropě nejčastěji raka signálního (Crandall et de Grave, 2017). Nepůvodní druhy raků v Evropě můžeme rozdělit na „staré invazní druhy“, které jsou v Evropě již dlouhodobě evidovány a nalezneme zde tři druhy raků a na „nové invazní druhy“, kteří se začali v Evropě vyskytovat, a jejich počet začal narůstat po roce 1980 (Vlach, 2017; Kozák et al., 2015). Se starými invazními druhy raků se můžeme setkat i v České republice. Konkrétně se dvěma druhy. Prvním zástupcem vyskytujícím se na našem území je **rak pruhovaný** (*Orconectes limosus*) (Rafinesque, 1817), který se do Evropy dostal v 19. století z USA. Důvodem jeho vysazování v Evropě bylo nahrazení populace raka říčního, která díky račímú moru velmi poklesla (Souty-Grosset et al., 2006; Vlach, 2017). Druhým zástupcem je **rak signální** (*Pacifastacus leniusculus*) (Dana, 1852). Ten se do Evropy dostává kolem roku 1960 ze Severní Ameriky. Vysazování tohoto druhu probíhalo ve Skandinávii a hlavním důvodem bylo zesílení komerční produkce raků. Mezi další zástupce nepůvodních druhů raků, které můžeme v Evropě nalézt jsou: **rak červený** (*Procambarus clarkii*) (Girard, 1852), **rak mramorovaný** (*Procambarus*) či zástupci původem z Austrálie *Cherax destructor* (Clark, 1936) nebo *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868), které spadají do čeledi Parastacidae, konkrétně do rodu *Cherax* (Crandall et de Grave, 2017; Kozák et al., 2015).

## 1.9. Raci v České republice

V České republice nalezneme pouze 6 druhů raků. Jen 2 ale patří do původních druhů. Jedná se o raka říčního (*Astacus astacus*) (Linnaeus, 1758) a raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) (Schränk, 1803). Dále se pak na území České republiky objevují tyto raci: rak bahenní (*Astacus leptodactylus*) (Eschscholtz, 1823), rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) (Rafinesque, 1817), rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) (Dana, 1852) a rak mramorovaný (*Procambarus*) (Vlach, 2017).

### 1.9.1. Rak říční (*Astacus astacus*)

#### 1.9.1.1. Rozlišovací znaky

Rak říční se díky své velikosti řadí mezi větší druhy raků. Jeho délka může dosahovat až 20 centimetrů. Hmotnost u dospělých samců se pohybuje v rozmezí 250-300 gramů. Samci mívají větší vzrůst než samice. Rak říční se může dožít i více než dvaceti let, to z něj tak dělá nejdéle žijícího sladkovodního bezobratlého živočicha. Co se týká vzhledu, zbarvení raka může mít několik podob, jelikož je tento aspekt ovlivněn několika faktory jako například organické zatížení lokality. Obvykle ale bývá na hřbetní straně těla světle či tmavě hnědý a na břišní straně těla béžový až olivově hnědý. Můžeme se však setkat ale i s jedinci, kteří mají modré zbarvení (Kozák et al., 2015; Štambergová et al., 2009). Podle autora Krupauera (1982) jsou modře zbarvení ti jedinci, kteří jsou čerstvě po svlečení. Klepeta mívají stejnou barvu jako tělo, ale jejich klouby na spodní straně mívají charakteristické červené zbarvení. Klepeta jsou velká, široká a na svrchní straně výrazně hrbolatá. Na spodní straně klepeta, konkrétněji na vnitřní hraně pevného prstu se vyskytují dva výrůstky, mezi kterými se vyskytuje mělká prohlubeň. Na hlavohruďi nalezneme špičaté rostrum, které bývá hladké až na střední rýhu, která je hrbolkatá. Za očima jsou viditelné dva páry postorbitálních lišt. Posledním rozlišovacím znakem je povrch antenální šupiny. Ten je u raka říčního zpravidla hladký.

#### 1.9.1.2. Rozšíření

Rak říční se vyskytuje především ve střední a severní Evropě. Dle autorů Holdicha a kol. (2009) se konkrétněji jedná o 39 teritorií. Jeho původní areál výskytu se ohraničuje ze západu Francií, z východu Ruskem, Běloruskem, Gruzii a Ukrajinou. Jižní hranicí původního výskytu je Řecko a Albánie a severní hranicí je Finsko. Rak říční se ale dostává i do dalších zemí, a to především jeho zavlečením z nejrůznějších důvodů. Mezi takovéto území patří například Španělsko,

sibiřská část Ruska, Anglie, Lucembursko či Švédsko. V některých zemích dochází k velkému úhynu či dokonce k jeho úplnému vyhynutí (Kozák et al., 2015). To se děje například ve vlámské části Belgie (Boets et al., 2012). Rozšíření raka říčního na území České republiky je relativně rovnoměrný a je považován za nejrozšířenější druh raka u nás (Kozák et al., 2015; Štambergová et al., 2009).

### **1.9.1.3. Popis biotopu**

Rak říční se může vyskytovat v různě velkých vodách ať už se jedná o potoky, pomaleji tekoucí řeky, či stojaté vody. Tento druh vyhledává spíše hlubší a studenější vody, které nejsou intenzivně využívány pro rekreaci či pro hospodaření. Upřednostňuje lokality, kde se střídají rovné a meandrující úseky a břehy jsou prorostlé kořeny stromů a vegetací. Raci dále upřednostňují vody, kde se na dně vyskytují nejrůznější substráty jako jsou kameny, klády, díky kterým se na dně vod tvoří prostor a společně s kořenovými systémy tak vytváří pro raka úkryty před predátory (Kozák et al., 2015; Štambergová et al., 2009).

## **1.9.2. Rak bahenní**

### **1.9.2.1. Rozlišovací znaky**

Velikost raka bahenního dosahuje průměrně 15 centimetrů. Ojedinele se mohou vyskytovat jedinci, samci, kteří mohou dosahovat velikosti až 30 centimetrů. Délka života tohoto raka průměrně přesahuje deset let (Holdich et al., 2006). Rak bahenní má velmi rozmanitou škálu zbarvení těla. Nejčastěji se ale setkáme s olivově zeleným až medově hnědým zbarvením. Zbarvení klepet je na svrchní straně stejné jako tělo, spodní strana bývá světle žlutá. Tento druh raka má úzkou hlavohrudní část těla, která je po stranách silně trnitá. Specifické je pro něj i jeden pár prominentních trnů, který vyrůstá za týlní brázdou. Za očima nalezneme dva páry postorbitálních lišt, stejně jako u raka říčního. Rostrum je dlouhé a zakončené do ostré špičky. Klepeta má rak bahenní protáhlá a úzká. Vnitřní hrany jak pevného, tak pohyblivého prstu u klepet jsou rovné a bez výraznějších hrbolků (Kozák et al., 2015; Štambergová et al., 2009).

### **1.9.2.2. Rozšíření**

Hlavním centrem výskytu raka bahenního jsou areály na východě Evropy a v západní Asii. Konkrétněji se jedná o oblasti okolo Kaspického a Černého moře. Díky introdukci tohoto druhu

se rak bahenní postupně rozšiřuje a osidluje skoro celou Evropu. Mezi areály, kde se tento druh nevyskytuje spadá Skandinávie, Pyrenejský poloostrov, Balkán či Irsko (Pöckl et al., 2006). V České republice se rak bahenní začíná vysazovat v roce 1892, a to především z důvodu nahrazení vyhynulé populace raka říčního. Tito jedinci byly vysazováni na Mladoboleslavsku, Chlumecku a Blatensku (Štěpán, 1932–33). V rámci plošného mapování AOPK ČR byl tento druh nalezen na 38 místech. Nalezeni byli například v okolí Blatné, Příbrami, Nymburka, Mostu, Karviné a dalších (Horká, 2006; Kozák et al. 2015).

### **1.9.2.3. Popis biotopu**

Rak bahenní se vyskytuje jak v mělkých, tak v hlubších jezerech, potocích i řekách. Tento druh je znám tím, že se může vyskytovat i v brakických vodách. Tento druh je odolnější vůči organickému zatížení vody, tudíž mu nevádí i prostředí se zvýšenou salinitou. Rak bahenní ve svém prostředí nevyhledává až tak velké množství úkrytů, a to především kvůli jeho zvýšené denní aktivitě. Nalezneme ho i v zabahněných lokalitách, kde žije na povrchu bahna či v litorální vegetaci. Na našem území tento druh nalezneme spíše ve stojatých vodách, zatopených lomech či tůních (Horká, 2006; Chobot, 2006; Štambergová et al., 2009).

### **1.9.3. Rak signální**

#### **1.9.3.1. Rozlišovací znaky**

Průměrná délka těla raka signálního nedosahuje více než 16 centimetrů. Hmotnost se pohybuje okolo 200 až 250 gramy. Co se týče délky života, tento druh se dožívá více jak 20 let. Zbarvení raka signálního bývá v barevné škále světlé a tmavě hnědé, někdy i červenohnědé. Výjimečně se u něj můžeme setkat s modrým či mramorovaným vzhledem. Svrchní strana klepet má stejné zbarvení jako tělo raka. Hlavohrud' i klepeta jsou na povrchu hladká, trny se na bocích nevyskytují. Za očima jsou přítomny dva páry postorbiálních lišt, zadní pár však může být nevýrazný. Rostrum je poměrně dlouhé s hladkými okraji, zakončené ostrou špičkou. Klepeta jsou mohutná a široká. Výrazným rozlišovacím znakem je přítomnost takzvané „signální skvrny“. Jedná se o bílou až tyrkysově modrou skvrnu, která se nachází na spojení pevného a pohyblivého prstu na svrchní straně klepeta. Na vnitřní straně nepohyblivého prstu se nacházejí dva výrůstky, mezi nimiž je prohlubeň. Spodní strana klepet je zbarvena do červena (Kozák et al., 2015; Štambergová et al., 2009).



### **1.9.3.2. Rozšíření**

Rak signální je severoamerický druh, tudíž jeho přirozený areál výskytu nalezneme právě tam. Konkrétně ho nalezneme v těchto státech: Idaho, Oregon, Washington a Britská Kolumbie (Taylor et al., 2007). Tento druh byl introdukovan i do dalších států. Dostává se například i do Japonska, kde byl vysazován především pro jeho komerční využití. Do Evropy se rak dostává kolem roku 1959. Mezi první introdukované evropské státy bylo Švédsko, později i Finsko, Rakousko a Francie. S tímto druhem se ale spojuje i příchod račího moru, který oslabuje populace původních druhů raků. To pomáhá rakům signálním se samovolně šířit a dnes tento druh patří mezi nejrozšířenější druh raka v Evropě. V současné době se rak signální vyskytuje ve Švédsku, Finsku a Anglii. Na území České republiky se rak signální dostává v roce 1980 za účelem komerčního využití (Kozák et al., 2015). Lokality, kam se raci vysazovali jsou: rybník Spustík u Velkého Meziříčí, rybník Skříňka u Velké Bíteše, rybník u obce Čáslavice a Ivančice (Polícar a Kozák, 2000). Odtud se rak signální postupně rozšířil i na další lokality. Dnes tento druh můžeme nalézt i v okolí Litomyšle, Kroměříže, Brna, Domažlic, Vodňan a dále i v jiných dalších lokalitách.

### **1.9.3.3. Popis biotopu**

Tento druh raka nalezneme v nejrůznějších typech biotopů. Nalezneme ho jak v malých potocích, ve velkých řekách, tak i v přírodních jezerech. V Evropě ho nalezneme především v potocích a v rybnících. Preferuje chladnější vody (Kozák et al., 2015). Rak signální je tolerantní k nepříznivým podmínkám, tudíž mu nedělá problém ani život v brakických vodách. Stejně tak jako rak říční, rak signální hloubí nory, do kterých se schovává před predátory (Souty-Grosset et al., 2006; Pöckl et al., 2006).

## **1.9.4. Rak pruhovaný**

### **1.9.4.1. Rozlišovací znaky**

Rak pruhovaný je spíše menší druh raka, který dosahuje průměrné délky těla okolo 9 až 10 centimetrů (Hamr, 2002). Jeho délka života průměrně nepřesahuje více jak tři roky, tudíž o něm můžeme říct, že se jedná o krátkověký druh raka. Zbarvení raka je jako i u ostatních druhů velmi variabilní, kdy hraje hlavní roli faktor prostředí, ve kterém se daný jedinec vyskytuje.

Nejčastěji se ale setkáváme s tmavohnědým, někdy až olivově zeleným zbarvením. Na zadních člancích zadečku se vyskytují výrazné červené až hnědočervené příčné pruhy nebo jen skvrnky, které jsou pro tento druh typické. Na břišní straně a na spodní straně klepet má rak pruhovaný žlutavou barvu. Na špičce klepet nalezneme oranžové zbarvení, které je lemované tmavými proužky (Hamr, 2002; Holdich et al., 2006; Štambergová et al., 2009). Povrch karapaxu je hladký, až na jeho postranní části, kde se vyskytují ostré trny. Za očima nalezneme pouze jeden pár postorbitálních lišt. Rostrum je relativně dlouhé, hladké a je zakončené ostrou špičkou. Klepeta jsou poměrně malá. U samců se velikost klepet mění v závislosti na tom, zda je rak pohlavně aktivní či nikoliv (Buřič et al., 2010a). Tento jev, zvaný vnitropohlavní dimorfismus se vyskytuje i u samic (Buřič et al., 2010; Kozák et al., 2015).

#### **1.9.4.2. Rozšíření**

Původním areálem tohoto druhu je Severní Amerika. Vyskytuje se na lokalitách jako je například povodí dolního toku řeky Delaware, v okolí zálivu Chesapeake Bay a na východním pobřeží USA (Filipová et al., 2011). V současnosti se vyskytuje nejméně ve čtrnácti státech USA jako je například New Jersey, Vermont, a na území Kanady ve státech New Brunswick či Québec (Taylor et al., 2007; Hamr, 2002; Kozák et al., 2015). Introdukce tohoto druhu byla především zapříčiněna člověkem. Rak pruhovaný se dostává do Evropy v roce 1980, a to konkrétně do Polska, kde introdukce raka byla především z důvodu nahrazení populace původních druhů, které ubývaly díky račimu moru. Tento druh byl introdukovan například i na území Francie (Bramard et al., 2006). Díky těmto vysazováním se postupně rak pruhovaný dostává na území celé Evropy. V současné době je největší centrum šíření ve střední části povodí Dunaje (Lipták et al., 2013). Tento druh raka se do České republiky dostává přirozenou migrací z Německa přes řeku Labe. Poté se dále rozšiřuje a jeho výskyt je především v lokalitách řeky Labe, Vltavy včetně jejich přítoků. Vyskytuje se ale i v rybnících, nádržích, které jsou v okolí již zmiňovaných řek Petrušek et al., 2006). Jeho introdukce je spojena s aktivním vysazováním člověkem (Beran a Petrušek, 2006).

#### **1.9.4.3. Popis biotopu**

Rak pruhovaný je adaptivní druh, tudíž ho můžeme nalézt jak v tekoucích, tak ve stojatých vodách (Henttonen a Huner, 1999). Tento druh raka vyhledává spíše měkká dna s velkou vrstvou sedimentů. Hlavním důvodem je možnost se do sedimentu zahrabat a tím se tak ukrýt.

Dále preferuje teplejší, spíše stojaté vody, což ale neznamená, že bychom ho nenašli i v jiném prostředí. Jak jsem již zmiňovala, tento rak pruhovaný je velmi přizpůsobivý a odolný vůči prostředí (Holdich et al., 2006). Nevadí mu organická či chemická znečištění, a též je tolerantní ke snížené koncentraci kyslíku ve vodě (Füreder et al., 2006).

### **1.9.5. Rak mramorovaný**

#### **1.9.5.1. Rozlišovací znaky**

Rak mramorovaný je druh raka, který se odlišuje od jiných druhů především jeho způsobem rozmnožování. Pro tento druh je totiž typická partenogeneze. Tento druh raka nenabývá velkých rozměrů. Průměrná velikost těla je 10 cm. Jak z názvu vypovídá, charakteristickým znakem tohoto raka je jeho zbarvení. Má nápadné mramorování především po stranách hlavohrudí. Typickým znakem jsou také malá klepeta. Rak mramorovaný se nedožívá mnoho let. Průměrně se jedná o 2 až 3 roky (Kozák et al., 2015). Rak mramorovaný je velmi oblíbeným druhem pro akvarijní chov (Görner, 2021).

#### **1.9.5.2. Rozšíření**

Původ raka mramorovaného není tak úplně zřejmí. Na jihovýchodě Ameriky můžeme nalézt obdobnou formu tohoto raka, s výjimkou toho, že se nerozmnožuje partenogeneticky. Prvně se tento druh raka vyskytuje v Německu. V současnosti ho můžeme nalézt minimálně v 11 evropských zemích (Patoka et al., 2016). Mimo Evropu ho můžeme nalézt například v Japonsku nebo na Madagaskaru (Svobodová et al., 2020).

V České republice se první výskyt tohoto raka nalézá v Praze 9, konkrétně v parku Přátelství. Dalším místem nálezů je umělá vodní nádrž na Radovesnické výsypce, která se nachází nedaleko Bíliny (Patoka et al., 2016; Görner, 2021). Zatím posledním územím, kde byl rak mramorovaný nalezen bylo v roce 2020. Raci byli nalezeni u rybníka v Dolních Chabrech (Görner, 2021).

#### **1.9.5.3. Popis biotopu**

Rak mramorovaný je nenáročným druhem na životní podmínky. Žije jak ve stojatých, tak i v tekoucích vodách a snadno se adaptuje na nejrůznější podmínky. Jak již bylo zmíněno, tento

druh raka je často chovaným druhem. Je to především díky jeho zajímavému zbarvení, rychlému růstu a snadnému rozmnožování (Svobodová et al., 2020).

### **1.9.6. Rak kamenáč**

#### **1.9.6.1. Rozlišovací znaky**

Rak kamenáč je považován za nejmenší evropský druh raka. Jeho délka dosahuje totiž průměrně jen 8 až 10 centimetrů. Samice bývají průměrně ještě menší. Délka života tohoto raka je přes deset let. Stejně obdobně jako u předchozích raků, i tento druh má velkou škálu zbarvení. Setkáme se však nejčastěji s hnědou, olivově zelenou a béžovou barvou těla (Kozák et al., 2015). Ojedinele se můžeme setkat i s oranžovým či mramorovaným zbarvením (Patoka et al., 2013). Spodní strana klepet má béžové, naoranžovělé či narůžovělé zbarvení. Kloub může mít zbarvení do světlé červeného odstínu (Pöckl et al., 2006). Spodní strana těla má světlejší odstín. Hlavohrud' je hladká bez nápadných trnů. Typickým znakem tohoto druhu je pouze jeden pár postorbitálních lišt za očima (Kozák et al., 2015). Dále je pro ně charakteristické i vzhled antenálních šupin. Jejich ventrální strana je totiž pilovitě ozubená (Štambergová et al., 2009). Rostrum je krátké, hladké a na konci má tupou špičku. Celé rostrum tak připomíná rovnostranný trojúhelník. Rak kamenáč má velká klepeta, která jsou na svrchní straně hrbolatá. Na vnitřních stranách obou prstů se vyskytují zuby, které jim slouží především při lovu (Kozák et al., 2015).

#### **1.9.6.2. Rozšíření**

Rak kamenáč se současně vyskytuje především na území střední a jihovýchodní Evropy. Jeho areál je vymezen na 20 států, které jsou v povodí Dunaje a Labe (Kouba et al., 2014; Petrušek et al., 2017). Za severní hranici výskytu tohoto druhu je považována Česká republika a Německo. Dle Martina et al. (2008) je považován za nejsevernější bod, kde se rak kamenáč vyskytuje, Sasko, které se nachází nedaleko města Drážďany. Dále hranice vede přes území Rumunska, Bulharska, Řecka a částí Turecka (Harlıoğlu a Güner, 2007; Perdikaris et al., 2007). Na západní části je hranice na území Lucemburska (Holdich et al., 2009). Jižně pak tvoří hranici Alpy (Souty-Grosset et al., 2006; Štambergová et al., 2009). Podle autorů Kouby et al. (2014) se rak kamenáč vyskytuje i na územích: Bosny a Hercegoviny, Srbska a Černé Hory. (Kouba et al., 2014).

Dříve byl rak kamenáč zaznamenán na území České republiky pouze v několika málo lokalitách (Policar a Kozák, 2000; Ďuriš et al., 2001). Dnes ho ale můžeme nalézt až v padesáti lokalitách

(Vlach et al., 2009b). Hlavním střediskem výskytu raka kamenáče jsou střední a západní Čechy. V letech 2007–2009 Vlach et al. (2009b) uskutečnil studii, kde hledal a zjišťoval výskyt raka kamenáče na jednotlivých lokalitách. Výsledky této studie našly raka kamenáče na těchto místech: povodí Úhlavy, Úslavy, Radbuzy, Klabavy, Berounky a Dunaje. Pokud bychom chtěli areály upřesnit jedná se o tyto potoky: Příchovický, Kbelský, Chocenický, Přešínský, Podhrázský, Milínovský, Mítovský, levostranný přítok Mítovského potoka, Kornatický, Bradava, Hrádecký, Božkovský, Bojovka, Zubřina, Skořický, Příkosický, Holoubkovský, Rakovský, Hůrecký, Tisý, Chýlava, Bertínský, Medvědí a levostranný přítok Novosedleckého potoka. Dále se pak rak kamenáč vyskytuje v Královohradeckém kraji, kde ho můžeme nalézt v Lučním, Bolkovském a Javornickém potoce. V Ústeckém kraji se pak rak kamenáč vyskytuje v Huníkovském a Trojhorském potoce. Dále byl tento druh nalezen i v Libereckém kraji, kde osidluje Valdecký potok v povodí řeky Ploučnice (Vlach et al., 2009b).

### **1.9.6.3. Popis biotopu**

Rak kamenáč osidluje především malé říčky či potoky v podhorských a horských oblastech. Pro tento druh je typické dno toků, které je tvořeno velkým množstvím hrubého substrátu. Jedná se především o kamenité nebo šterkovité dno (Vlach et al., 2009a). Hlavní důvodem těchto charakteristických toků je ten, že v substrátu nalézají velké množství úkrytů (Kozák et al., 2015). Ty raky chrání před predátory či před silným proudem vody (Striessl a Hodl 2002). Raci využívají jako úkryty především různé typy a velikosti kamenů, ale také i kořenový systém přibřežní vegetace (Štambergová et al., 2009). Rak kamenáč preferuje rychle tekoucí a meandrující vody, přesto ho však můžeme nalézt i ve vodách stojatých (Vlach et al., 2009b). Takovým příkladem může být Zákolanský potok (Štambergová et al., 2009). S rakem kamenáčem se můžeme ale také setkat i v tocích, které mají písčité, někdy až bahnitě dno. Zde si rak kamenáč tvoří úkryty pomocí hloubení nor do bahnitých břehů (Mourek et al., 2006; Vlach et al., 2009a). Jako příklad můžeme uvést Božkovský nebo Rakovský potok (Vlach et al., 2009b). Co se týče charakteristiky okolí toků, je většinou tvořené lesem, buď smíšeným nebo listnatým. Kolem toků se může vyskytovat i pásma keřů nebo obhospodařované louky. Mezi nejtypičtější stromy, které se u toků vyskytují jsou: olše, vrby, jilmy. Rak kamenáč je poměrně náročný na kyslík ve vodě. Přesto však dokáže žít i v poměrně vysoké organické znečištěné vodě. Vyskytuje se ale spíše v horních partiích vod, kde je voda kvalitnější a s menším organickým znečištěním (Demers et al., 2006; Svobodová et al., 2008, 2009).

V některých lokalitách můžeme nalézt raka kamenáče osidlující tok společně s jiným evropským druhem. Nejtypičtějším „sousedem“ raka kamenáče bývá rak říční. Společně je můžeme nalézt například v Zákolanském či Svinařském potoce. V České republice jsme se v minulosti mohli setkat ale i se třemi druhy v jedné lokalitě. Konkrétně se jedná o tři původní evropské druhy raků, a to raka kamenáče, raka říčního a raka bahenního, kdy jejich společné obydlí byl Padrt'ský potok. (Štambergová et al., 2009).

## 1.10. Příčiny ohrožení

Výskyt račí populace je negativně ovlivňován řadou faktorů, které na ně působí. Největší hrozbou pro račí populaci, je vysazování nepůvodních druhů raků, kteří se zde v minulosti záměrně vysazovali, aby nahradili populaci raka říčního, která díky račímu moru velmi poklesla (Kozák et al., 2015; Vlach, 2017). Dalšími důvody vysazování nepůvodních druhů raků byly pro jejich akvarijní chov, ke konzumaci či k lovu. Počet těchto raků se později rapidně zvyšuje. Nepůvodní druhy raků se tak stávají konkurencí pro naše původní druhy. Větší problém, co se týče výskytu těchto nepůvodních druhů je ten, že ohrožují původní druhy raků díky račímu moru, který sem byl díky nim zavlečen. Nepůvodní druhy raků jsou totiž přenašeči tohoto onemocnění, které je pro naše původní druhy smrtelné. Nepůvodní severoameričtí raci jsou vůči račímu moru „odolní“ díky tomu, že dokážou omezit svůj růst a zabránit tak parazitovi prorůst do jejich těla. Díky tomuto u nich nedochází k úmrtí. Bohužel se však stávají jeho přenašečem, a tak se mor dostává i na naše původní druhy, kteří bohužel tak odolní nejsou a dochází k jejich vymírání (Kozák et al., 2015). Parazit, který způsobuje račí onemocnění se nazývá *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1906). Jedná se o parazita, který spadá do říše *Chromista*, oddělení *Oomycota*, třídy *Oomycetes*, řádu *Saprolegniales* a čeledi *Saprolegniaceae* (hnilobytkovité) (Kozubíková a Petrušek, 2009). K zavlečení račího moru na jiné toky dochází nejen přenosem skrz severoamerické druhy raků. Díky zarybňování dochází k přenosu račího moru i pomocí ryb, nebo díky samotným rybářům, kteří toto onemocnění přenášejí přes své boty, které si mezi jednotlivými toky ve velkém případě nedezinfikují, a tím tak dochází k jeho rozšiřování (Fischer a Vlach, 2018).

Úbytek populace původních druhů raků je ovlivněn i dalšími faktory. Jedná se především o působení lidské činnosti na biotopy, které rakům vyhovují a vyhledávají je. Jedná se především o regulaci toků, intenzivní rybářskou činnost, zemědělskou a vodohospodářskou činnost a zvýšenou predaci. Tyto činnosti pak vedou ke změně vyhovujícího biotopu, především k znečištění vod v tocích, ničení břehů, koryt a pobřežní vegetace. Rakům pak chybí dostatek úkrytů, které vyhledávají (Kozák et al., 2015; Štambergová et al., 2009).

Aktuální problém, který ohrožuje račí populaci jsou i klimatické změny. Tím jsou myšleny pravidelně se opakující období sucha, u kterých dochází k vysychání malých toků. Společně s nesprávným hospodařením s povrchovou a srážkovou vodou nám dávají další faktor, který je též příčinou ohrožení. (Svobodová et al., 2016).

## 1.11. Legislativa

Původní druhy raků se staly za posledních několik desítek let jednou z prioritních skupin živočichů vyžadující ochranu. V evropské unii je právní ochrana původních druhů raků zajištěna pomocí směrnice Rady č. 92/43/EEC, o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. Do této směrnice spadá rak bělonohý (*Austropotamobius pallipes*) (Lereboullet, 1858) a rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) (Schrank, 1803), kteří vyžadují zvláštní územní ochranu (Svobodová et al., 2010). Tato směrnice se promítá do jednotlivých členských států. V České republice tak vznikl zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, který byl novelizován v roce 2009. V tomto zákoně spadají rak říční a rak kamenáč do kriticky ohrožených druhů a rak bahenní do druhů ohrožených (Kozák et al., 2015). Dále je rak kamenáč s rakem říčním na seznamu zvláště chráněných druhů. Konkrétně ve vyhlášce č. 395/1992 Sb., kde jsou zařazeni do kategorie kriticky ohrožených druhů. Rak bahenní spadá do kategorie ohrožených druhů. U živočichů, kteří spadají do kategorie zvláště chráněných druhů je zakázáno s nimi jakkoli manipulovat a zasahovat jim do jejich přirozeného areálu a vývoje. Tím je myšleno například chytat je, přemísťovat je, či je usmrctvat. Dále je zakázáno s nimi obchodovat, ať už prodávat, či vyměňovat (Svobodová et al., 2010).

V celosvětovém červeném seznamu ohrožených druhů nalezneme tři původní druhy raků. Jedná se o raka bahenního, který spadá do ohrožených druhů živočichů, raka říčního, který má statut zranitelný druh a raka kamenáče, o kterém chybí dostatečné údaje. Tím pádem spadá do kategorie data deficient (Füreder et al., 2010). V rámci České republiky jsou na červeném seznamu pouze dva druhy: rak kamenáč a rak říční. Zde spadá rak kamenáč do kategorie kriticky ohrožených druhů živočichů a rak říční do kategorie zranitelných druhů (Vlach a Fischer, 2017).



## 1.12. Migrace

Hlavní příčinou migrace raků je ztráta základních zdrojů, které bývají v daném potoce vyčerpané. Nedostatek zdrojů je dán především rychlým navýšením četnosti raků v daném toce. Tato migrace nastává především u nepůvodních druhů. Jedná se kontinuální proces, kdy se raci postupně přesouvají na jiný tok s lepšími podmínkami a s kvalitnějšími zdroji pro život. Vzdálenost, kterou jsou raci schopni urazit za den se u každého druhu odlišuje (Kozák et al., 2015). Může se však někdy jednat i o stovky metrů za 24 hodin (Bubb et al., 2006b).

Hlavní příčiny krátkodobé migrace raků jsou: vyplašení jedince, predace, rozmnožování, hledání kvalitnějších zdrojů (především lepších úkrytů, potravy), svlékání či reakce na aktuální faktor prostředí (abiotické podmínky) (Bubb et al., 2004; Bubb et al., 2006b; Buřič et al., 2009; Webb a Richardson, 2004).

Studiem a sledováním migrace raků můžeme částečně predikovat směr migrace nepůvodních severoamerických druhů, kteří smrtelně ohrožují, především zavlečením račího moru do daného toku, naše původní druhy (Kozák et al., 2015). U krátkodobé migrace můžeme sledovat hned několik faktorů. Jedná se především o směr migrace (pohyb po proudu či proti proudu), který raci uskutečňují (Kadlecová et al., 2012; Římalová a Bílý, 2013). Dále můžeme sledovat rychlost šíření sledované populace, rozdíly migrace týkající se sezónní aktivity nebo rozdíly migrace týkající se denní či noční aktivity (Bubb et al., 2006a; Buřič et al., 2009; Hirsch et al., 2016). Můžeme také porovnávat, zda existuje rozdíl v migracích v závislosti na pohlaví. Někteří autoři uvádí, že jsou pro raka kamenáče typické kratší migrační vzdálenosti, často jen poblíž svého úkrytu a za den urazí jen několik málo metrů. (Pöckl a Streissel 2005; Kadlecová et al., 2012). Naopak vysoká migrace je byla zaznamenána u nepůvodního druhu raka. Konkrétně šlo o raka signálního, který byl schopen ujít 790 metrů během 74 dní (Bubb et al., 2004). Některé studie přišli s teorií, která souvisí s migrací raků. Konkrétně se jedná „ephemeral home range“ která zdůrazňuje, že rak po nalezení vhodného úkrytu s dostatečným množstvím potravy přestává migrovat a setrvává na vhodném místě, klidně i několik dní. Po určitém časovém období se tento proces znovu opakuje (Hirsch et al., 2016).

Krátkodobou migrací raka kamenáče *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) se v České republice věnuje jen několik málo autorů (Kadlecová et al., 2012; Římalová a Bílý, 2013; Pöckl a Striessl, 2005). Pohybových schopností se zabývala ve své práci i Myslíková (2016). Ta

sledovala migraci raka kamenáče na 4 tocích. V této studii ušel rak kamenáč nejdelší vzdálenost 19 metrů. Relativně nově vznikly dvě bakalářské práce zabývající se krátkodobou migrací z roku 2020 (Šimůnková, 2020; Režná, 2020). V těchto pracích byly zaznamenány nejdelší migrace na potoce Zubřina, kde rak ušel 27,9 metrů a na Chocenickém potoce 4,4 metrů. Tyto vzdálenosti ale nepočítají s průběžnou migrací raka během noci. Společně s novými informacemi, získané v této práci společně s prací Režné (2022) by mohlo dojít k prohloubení informací, ohledně migračních schopností raka kamenáče (Režná, 2022).

### 1.13. Cíle práce

Hlavní cíl práce:

- Sledování a následné vyhodnocení individuálních migrací raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) na třech lokalitách.

Dílčí cíle práce:

- Vyhodnocení délkové struktury raků na jednotlivých tocích.
- Vyhodnocení pohlavní struktury raků na jednotlivých tocích.
- Vyhodnocení, zda existují rozdíly v migraci raka kamenáče mezi předem vybranými toky.
- Vyhodnocení, zda existují rozdíly v délkové struktuře na pohybech raků.
- Vyhodnocení, zda existují rozdíly mezi pohlavími při migraci raků ve vybraných tocích.

## **2. Metodika**

### **2.1. Charakteristika toků**

### **2.2. Chocenický potok**

Chocenický potok se nachází v Plzeňském kraji a protéká těmito obcemi: Jarov, Svárkov, Chocenice, Hladomří, Nová Hut' a Vlčice. Pramení v nadmořské výšce 491 m. n. m. a celková délka toku činí 7,4 kilometrů. Chocenický potok se vlévá do řeky Úslavy. Lokalita (GPS: 49°33'51.336"N, 13°31'55.364"E), kde výzkum probíhal, byl vzdálený zhruba 1,6 kilometrů od již zmiňované vesnice Vlčice (Vlach et al., 2009b).

### **2.3. Levostranný přítok Mítovského potoka**

Levostranný přítok Mítovského potoka se nachází v Plzeňském kraji. Pramení v nadmořské výšce 660 m. n. m. Spadá do povodí Úslavy a celková délka tohoto toku činí 4,3 kilometrů. Zkoumaná lokalita se nachází na těchto souřadnicích: GPS: 49°35'27.105"N, 13°39'21.783"E (Vlach et al., 2009b).

### **2.4. Skořický potok**

V Plzeňském kraji se nachází i Skořický potok. Pramení v nadmořské výšce 573 m. n. m., nedaleko obce Příkosice. Skořický potok spadá do povodí Klabavy a jeho celková délka toku dosahuje 9,8 kilometrů. Lokalita, kde výzkum probíhal, se nachází na těchto souřadnicích: GPS: 49°41'38.032"N, 13°40'8.353"E (Vlach et al., 2009b).

### **2.5. Design experimentu**

Výzkum probíhal v měsíci září roku 2021. Na předem zvolených 3 lokalitách byl vybrán vhodný 20-25 metrový úsek. Tento úsek byl vyměřen pomocí měřicího pásma, který nám tok rozdělil na jednotlivé metry. Na měřicí pás byly poté lepeny svítící lightsticky, které napomáhaly v orientaci při vyhodnocování výsledků. Po vyznačení úseku následovalo umístění 4 GoPro kamer. Ty byly rozmístěny po 5 metrech na vyznačeném úseku, kde byly připevněné na dřevěné lati pomocí speciálního držáku vytvořeným na 3D tiskárně. Tyto kamery, po navrácení označených raků zpět do potoka, vytvářely snímky po 1 minutě od setmění do úsvitu. Každá kamera byla navíc opatřena powerbankou, která prodloužila jejich výdrž.

Dále následovala metoda ručního odchytu raků na námi vymezeném území, kde byly prohledány všechny možné úkryty. Jednalo se především o kameny různých velikostí a kořeny pobřežní vegetace. Nalezení jedinci byli vloženi do plastového kýble s vodou. Poté z těchto všech nalezených jedinců bylo vybráno 10 největších raků. Ostatní raci byli navraceni zpět do potoka.

Po ručním odchytu raků následovalo zapsání potřebných informací do předem vytvořených záznamových archů. Informace se týkaly především pohlaví, délky těla raků, zvláštností, a po označení raka i barvu lightsticku.

Dále následovalo značení raků. To bylo uskutečněno pomocí svítících tyčinek Lightstick MINI 4 v rozměru 4,5 mm x 39 mm. Tyto svítící tyčinky byly v několika barvách: modré, červené, zelené a žluté. Před aplikací těchto tyčinek na raka byl jeden konec lightsticku nabarven černým lihovým fixem, aby u raků nedocházelo k podráždění světlem. Poté byli raci jednotlivě vyndáni z kýble a bylo jim osušeno místo, kde docházelo k aplikaci tyčinky. Tento krok byl především z důvodu, aby tyčinka během noci rakovi neupadla. Poté přicházelo na řadu připevnění tyčinky na hřbetní část krunýře za pomoci lepidla. Takto naznačení jedinci byli po zapnutí GoPro kamer navraceni zpět do potoka.



Obrázek 2: Upevnění kamer na jednotlivých tocích



Obrázek 1: Označení raka pomocí lightsticku



Obrázek 3: Lightstick MINI 4

## 2.6. Statistické vyhodnocení dat

Statistické vyhodnocení dat probíhalo odděleně na jednotlivých tocích. Ke každému toku byl vytvořen záznamový arch, který obsahoval: číslo označení raka, délku těla raka, zvláštnosti, pohlaví a barvu označení. Dále byla vytvořena pro jednotlivé toky tabulka, která zahrnovala početní zastoupení jedinců na daném toku ve třech velikostních kategoriích. Do první kategorie spadali raci, jejichž délka byla mezi 5 až 6 centimetry. Druhá kategorie obsahovala raky, kteří byli o velikosti 6,1 až 7 centimetrů. Poslední kategorie obsahovala raky, jejichž délka přesahovala 7 centimetrů. Vyhodnocení rozdílů délkové struktury a pohlaví mezi toky bylo vykonané pomocí systému jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA). Všechny statistické testy byly uskutečněné na 5 % hladině významnosti.

Dále byla vyhodnocena individuální délka migrace jednotlivých raků na dané lokalitě. Tyto výsledky byly vyhodnocené pomocí systému tracker, kde byla plocha toku převedena do Kartézské soustavy souřadnic. Zde osa y představovala šířku toku a osa x představovala délku toku. Pomocí tohoto systému byly zjištěny souřadnice poloh raků v této soustavě souřadnic. Tracker je program sloužící k sledování pohybů určitých bodů ve videích a následně umožňuje jejich analýzu.

Pro vyhodnocení frekvence navrácení raků na jejich počátek migrace a pro zjištění rozdílu ve frekvenci navrácení raků na jejich počátek migrace v závislosti na pohlaví byl použit  $\chi^2$  test, který je volně dostupný na webové stránce: [www. quantpsy.org](http://www.quantpsy.org).

Pomocí jednotlivých bodů, které jsme získali ze systému tracker, byla vyhodnocena v programu Microsoft Excel Office 2010 individuální délka pohybů jednotlivých raků na daném toku. Nejprve jsme přepočítali jednotlivé úseky viditelné na kameře, a to především z důvodu zkreslení kamery. Vytrackerované souřadnice byly převedeny na skutečné pomocí porovnávání kalibrační tyče s jednotlivými úseky. Ze získaných souřadnic o poloze raka bylo možné za pomoci Pythagorovy věty spočítat délku vektorů dílčích pohybů raků. Celkovou délku pohybů raků jsme získali díky součtu těchto jednotlivých dílčích úseků.

Nakonec byly vytvořeny migrační mapy, které znázorňují jednotlivé pohyby raků během sledované noci.

### 3. Výsledky

#### 3.1. Délková struktura na jednotlivých tocích

Tabulka 1: Délková struktura těla raků zastoupena v jednotlivých kategoriích na jednotlivých tocích.

Délka těla (mm)	Choceničský potok	LP Mítovského potoka	Skořický potok
50-60	3	8	7
61-70	5	2	2
> 70	2	0	1

V den odchyty bylo na Choceničském potoce označeno 10 raků. Hodnota průměrné délky těla raků byla 64,8 mm.

Počtní zastoupení raků na tomto toce můžeme vyhledat v tabulce číslo 1. Největší zastoupení četnosti raků v jednotlivých kategoriích má kategorie s rozmezím 61-70 mm, která je zastoupena polovinou odchycených raků, konkrétně 5 jedinci. V kategorii 50-60 mm se vyskytují 3 jedinci. Do poslední kategorie o velikosti větší než 70 mm spadají 2 jedinci, přičemž největší rak dosahuje délky těla 81,6 mm.

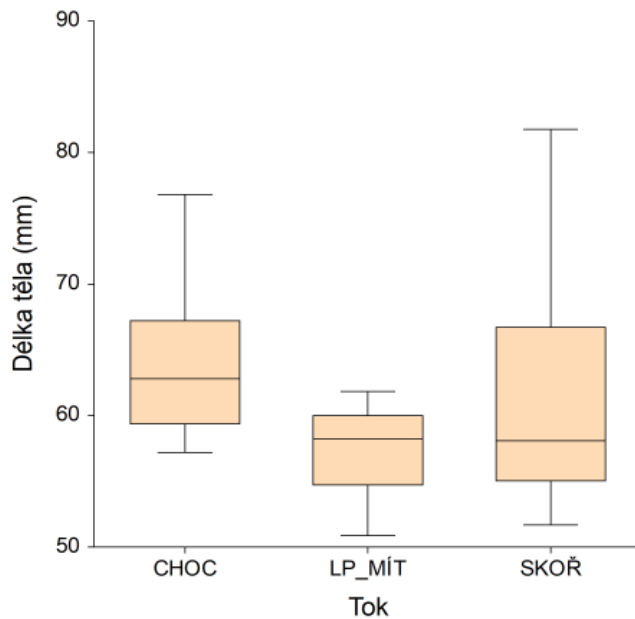
Na Levostranném přítoku Mítovského potoka bylo označeno 10 jedinců, jejichž průměrná hodnota délky těla byla 57,4 mm.

Na tomto toce bylo zastoupení jedinců pouze u dvou kategoriích. Největší zastoupení raků má kategorie v rozmezí 50-60 mm, kam spadala skoro většina odchycených raků. Konkrétně se jedná o 8 jedinců. Do kategorie s rozmezím od 61-70 mm byli zařazeni pouze 2 odchycení jedinci. Největším odchyceným rakem v Levostranném přítoku Mítovského potoka byl samec, který dosahoval velikosti 61,8 mm.

Průměrná hodnota délky těla raků na Skořickém potoce u 10 označených jedinců byla 60,8 mm.

Obdobně jako u Levostranného přítoku Mítovského potoka bylo největší počtní zastoupení raků v kategorii v rozmezí 50-60 mm. Do této kategorie spadalo 7 jedinců. Kategorie v rozmezí 61-70 mm obsahuje 2 jedince. Poslední kategorie, do které spadají raci o velikosti větší než 70 mm, má jediného zástupce. Konkrétněji se jedná o samce, jehož délka těla dosahovala 81,8 mm.

### 3.2. Porovnání délkové struktury těla mezi potoky



Obrázek 4: Boxplot zobrazující délku těla raků na jednotlivých tocích.

Průměrná délka těla na Chocenicím potoce mezi třemi zkoumanými toky byla nejvyšší a její hodnota byla 64,7 mm. Na Levostranném přítoku Mítovského potoka byla naopak průměrná délka mezi všemi toky nejmenší a jednalo se o hodnotu 57,4 mm. Na Skořickém potoce byl průměr délky těla 60,8 mm. Rozdíly v délkách těla na jednotlivých tocích jsou na hraně významnosti (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H=5,63$ ;  $P=0,06$ ).

### 3.3. Pohlavní struktura na jednotlivých tocích

Tabulka 2: Zastoupení pohlavní struktury raků v jednotlivých kategoriích na jednotlivých tocích.

Pohlaví	Chocenicý potok	LP Mítovského potoka	Skořický potok
Samec	6	5	3
Samice	4	5	7

Četnost zastoupení raků z hlediska pohlaví byla na Chocenicím potoce téměř rovnoměrná. Pouze o jednoho jedince převažuje pohlavní zastoupení samců. Konkrétně se jedná o 6 raků. Z tabulky číslo 2. můžeme dále vyčíst, že počet odchycených samic na tomto toce byl v počtu 4.

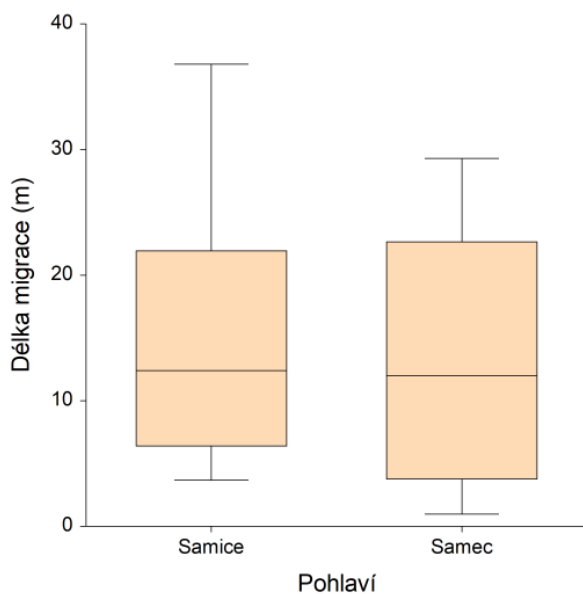


Ze stejné tabulky můžeme zjistit, že na Levostranném přítoku Mítovského potoka byl odchycen stejný počet samců i samic. Vždy se jednalo o 5 jedinců obou pohlaví.

Pohlavní struktura raků na Skořickém potoce byla viditelně odlišná. Z tabulky číslo 2 můžeme vyčíst, že silně převažovala samičí kategorie. Jedná se o většinu odchycených raků, konkrétně o 7 jedinců. Pouze 3 jedinci zastupují samčí kategorii.

Nebyl zjištěn statistický rozdíl v pohlavním poměru mezi toky ( $X^2=0,84$ ;  $P=0,65$ ).

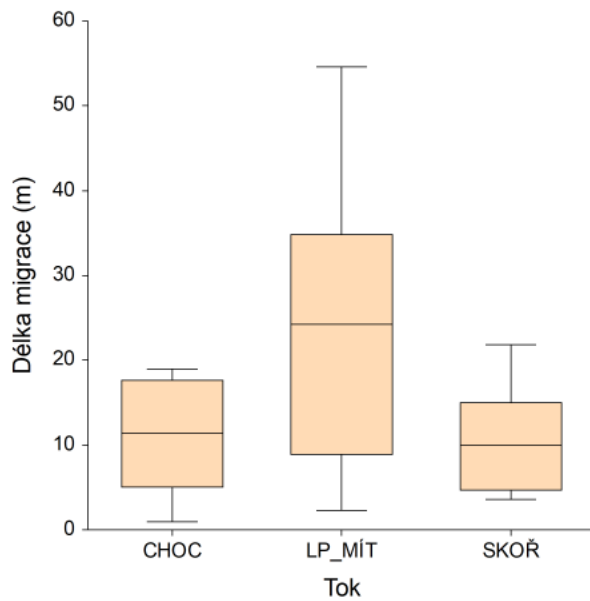
### 3.4. Porovnání délky migrace mezi pohlavími



Obrázek 5: Boxplot zobrazující délku migrací raků v závislosti na pohlaví.

Na Chocenicském potoce bylo odchyceno 6 samců a 4 samice. Shodný počet samců a samic se podařilo nachytat na Levostranném přítoku Mítovského potoka, na němž bylo každé pohlaví zastoupeno 5 raky. Na Skořickém potoce bylo nalezeno více samic, konkrétně 7 jedinců. Samci zde byli nalezeno pouze 3. Rozdíly v délkách migrací v závislosti na pohlaví nebyly statisticky významné (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H=0,04$ ;  $P=0,84$ ).

### 3.5. Porovnání migrace raků mezi potoky



Obrázek 6: Boxplot zobrazující délku migrací raků na jednotlivých tocích.

Z boxplotu můžeme vyčíst, že Levostranný přítok Mítovského potoka má lehce delší migrace než Chocenský a Skořický potok. Rozdíl v délce migrací mezi toky však vyšel jako statistický nevýznamný (Kruskal-Wallis ANOVA,  $H=4,16$ ;  $P=0,13$ ).

### 3.6. Prezentace migrací na jednotlivých tocích

#### 3.6.1. Chocenský potok



Obrázek 7: Kamera 1 na Chocenským potoce.

Z fotografie můžeme vyčíst, že na prvním sledovaném úseku bylo 5 raků. Modrý rak 9 se vyskytoval na pravé straně toku u jeho pravého břehu. Jeho pohyb směřoval do již neměřeného úseku. Zelený rak 8 není na fotografii tak zřetelně vidět. Důvodem byla jeho nízká aktivita pohybu. Žlutý rak 4 se pohyboval po celé délce i šířce toku. Červený rak 6, který se vyskytuje na levé straně fotografie u pravého břehu, se svým pohybem přesouval i do druhého sledovaného úseku, kde pokračoval v jeho migraci. Stejným způsobem ho následoval i modrý rak 5.



Obrázek 8: Kamera 2 na Chocenicím potoce.

Na pravé straně druhé fotografie nalezneme 2 jedince, kteří migrovali z prvního sledovaného úseku. Jedná se o modrého raka 5 a červeného raka 6, kteří i nadále využívali především pravý břeh. Naopak zelený rak 7 využíval celou šíři i délku sledovaného úseku potoka. Tento jedinec jako jediný v tomto toce překonával 3 úseky, které byly sledovány kamerami.



Obrázek 9: Kamera 3 na Chocenicím potoce.

Kamera 2 na Chocenickém potoce zaznamenala 4 jedince. Červeného raka 3, který migroval přes celou délku toku a jeho pohyb pokračoval i na kameře 4. Modrý rak 10, který se nacházel na levé straně toku, migroval též přes 2 kamery. Pohyby žlutého raka 1 byly v šíři toku. Na kameře 3 se vyskytuje i zelený rak 7, který přecházel celou délku toku a přesouval se na poslední sledovaný úsek potoka.



Obrázek 10: Kamera 4 na Chocenickém potoce.

Na posledním sledovaném úseku nalezneme především pohyby zeleného raka 7, který ušel nejdelší vzdálenost na tomto toce. Modrý rak 10 společně s červeným rakem 3 a žlutým rakem 1 migrovali z kamery 3. Žlutý rak 1 se pohyboval po pravém břehu toku. Naopak modrý rak 10 migroval po celé šíři toku. Vyskytoval se zde i modrý rak 2, jehož migrace byla minimální a spíše se po celou dobu ukrýval pod kameny. Červený rak 3 a zelený rak 4 se pohybovali po celé délce toku a migrovali i do úseku, který již nebyl sledován.

### 3.6.2. Levostranný přítok Mítovského potoka



Obrázek 11: Kamera 1 na Levostranném přítoku Mítovského potoka.

Pohyb migrace červeného raka 1, který se vyskytoval na pravé straně první kamery, se uskutečňoval spíše v šíři potoku mezi kameny. Naopak modrý rak 2 se pohyboval po celé délce toku. Pohyby červeného raka 3, který se prvně vyskytoval na pravé straně první kamery, se nejprve uskutečňovaly jen v šíři potoka. Poté se přesouval doprostřed toku a jeho pohyby se uskutečňovaly spíše při pravém břehu toku. Pohyb žlutého raka 4 se na kameře 1 objevoval až později. Poprvé se vyskytl na levé straně toku a postupně se dostával přes celý úsek až na pravou stranu toku.



*Obrázek 12: Kamera 2 na Levostranném přítoku Mítovského potoka.*

Na kameře 2 je patrné, že se zelený rak 6 pohyboval v daném toce minimálně, a to pouze v blízkosti kamenů, do kterých byl vložen při navracení raků do potoka. Tento jedinec neprošel ani označený úsek. Naopak se zde objevoval i žlutý rak 4, který přešel přes 2 kamery. Dále se na tomto toce nacházel i zelený rak 5, který se pohyboval obdobně jako žlutý rak 4, tedy po celé šíři i délce toku. Především se nacházel ve středním úseku, kde se ukrýval pod kameny.



*Obrázek 13: Kamera 3 na Levostranném přítoku Mítovského potoka.*

Na kameře 3 nalezneme 2 raky. Prvním z nich je modrý rak 8, který se pohyboval velmi aktivně po celou sledovanou dobu. Jeho migrace probíhala po celém úseku. Převážně ale vyhledával cesty s úkryty, což byly především kameny. Druhý rak, který se vyskytoval na tomto úseku, byl žlutý rak 8. Ten se především pohyboval na levé straně toku, kde byl ale omezen přírodní bariérou, která mu zřejmě znemožnila pohyb do dalších částí toku.



Obrázek 14: Kamera 4 na Levostranném přítoku Mítovského potoka.

Na kameře 4 byli zaznamenáni 2 jedinci. Jednalo se o žlutého raka 9 a zeleného raka 10. Oba tyto jedinci migrovali spíše po šířce toku než po její samotné délce. Zelený rak 10 preferoval raději levý břeh, zatímco žlutý rak 9 se pohyboval u obou břehů.

### 3.6.3. Skořický potok



Obrázek 15: Kamera 1 na Skořickém potoce.

Na kameře 1 na Skořickém potoce nalezneme 3 raky. Modrý rak 1 migroval po celé délce vyznačeného úseku a přesouval svou migraci i do úseku měřeného kamerou 2. Naopak žlutý rak 7 se pohyboval pouze na levém břehu, a to jen okolo nejbližších kamenů. Zelený rak 6 preferoval též levý břeh, ale na rozdíl od žlutého raka 7 migroval po celé délce toku zabírajícího kamerou. Zelený rak 6 zde zahajoval svou cestu, která pokračovala i na dalších kamerách. Na tomto toce je to jediný rak, který přešel přes 3 kamery.



Obrázek 16: Kamera 2 na Skořickém potoce.

Na fotografii z kamery 2 nalezneme již 2 raky, kteří svou cestu začínali na prvním úseku měřeném první kamerou. Jedná se o zeleného raka 6, který migroval především kolem levého břehu a přesouvá se do úseku, který byl sledován kamerou 3. Červený rak 3 se přesouval ze středu toku k směrem k pravému břehu. Naopak žlutý rak 2 migroval mezi kameny u levého břehu.



Obrázek 17: Kamera 3 na Skořickém potoce.

Z obrázku číslo 17 můžeme vyčíst, že žlutý rak 2, který byl již na předchozí kameře, uskutečňoval pohyb i na druhé kameře. I zde preferoval pohyb u levého břehu. Zelený rak 10 se vyskytoval spíše v blízkosti nejbližších kamenů. Na fotografii můžeme nalézt, že se zde objevuje i zelený rak 6, který opět migroval po celé délce sledovaného toku. Na tomto úseku zahájil svou cestu i modrý rak 9, který se přesouval na kameru číslo 4.



*Obrázek 18: Kamera 4 na Skořickém potoce.*

Na poslední kameře můžeme nalézt modrého raka 9, který přecházel z kamery číslo 3 a jeho pohyb byl po celé délce toku, především uprostřed. Stejně tak i zelený rak 10, který byl spatřen na kameře 3, na které byl jeho pohyb minimální, zde migroval po celé délce toku a přesouval se k levému břehu. Poslední červený rak 8 preferoval migraci u levého břehu, poté se pohyboval do úseku, který již nebyl sledovaný.



#### **3.6.4. Homing raků na jednotlivých tocích**

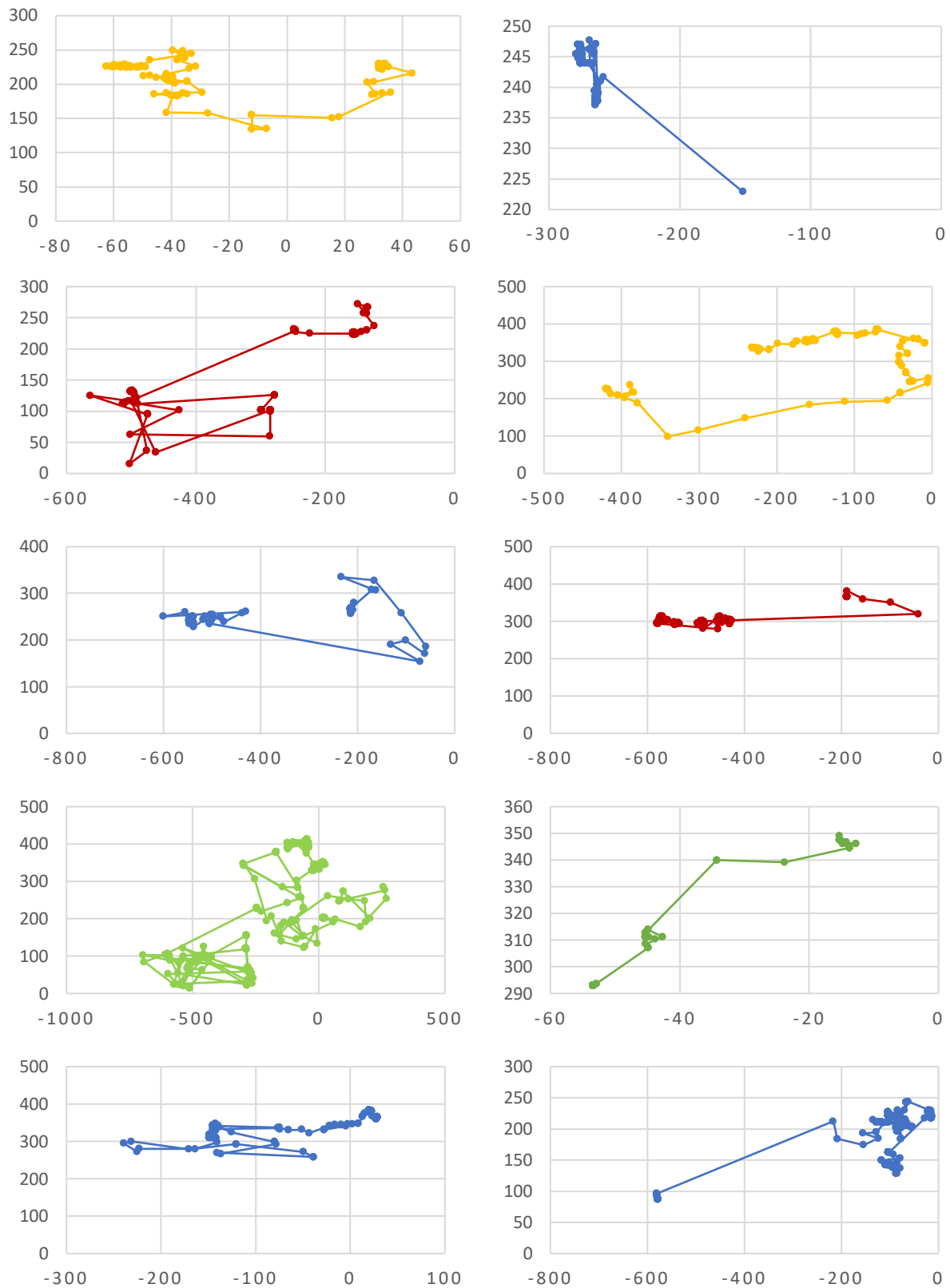
Dále jsme vyhodnocovali u jednotlivých toků raky, kteří se po jejich migraci navrátili zpět do jejich původního úkrytu. Na Chocenickém potoce se zpět na původní místo nevrátil ani jeden jedinec. Na Levostranném přítoku Mítovského potoka se zpět do svého původního úkrytu vrátili 3 raci. Na posledním Skořickém potoce se vrátil zpět pouze jeden rak. Konkrétně se jednalo o žlutého raka 7. Rozdíly v homing chování sledovaných raků mezi jednotlivými toky vyšel jako statisticky nevýznamný (p-value: 0,13).

#### **3.6.5. Homing raků na jednotlivých tocích v závislosti na pohlaví**

Homing raků v závislosti na pohlaví je statisticky nevýznamný (p-value: 0,88). Na všech 3 tocích se vrátili do svého původního úkrytu 4 raci. Konkrétně se dva samci a jedna samice vrátila zpět do svého úkrytu na Levostranném přítoku Mítovského potoka a na Skořickém potoce se zpět vrátila pouze jedna samice. Na Chocenickém potoce nedošlo k navrácení ani jednoho raka.

### 3.7. Délky pohybů na jednotlivých tocích

#### 3.7.1. Chocenský potok



Graf 1: Délky migrace jednotlivých raků na Chocensickém potoce. Zleva žlutý rak 1; modrý rak 2; červený rak 3; žlutý rak 4; modrý rak 5; červený rak 6; zelený rak 7; zelený rak 8; modrý rak 9; modrý rak 10.

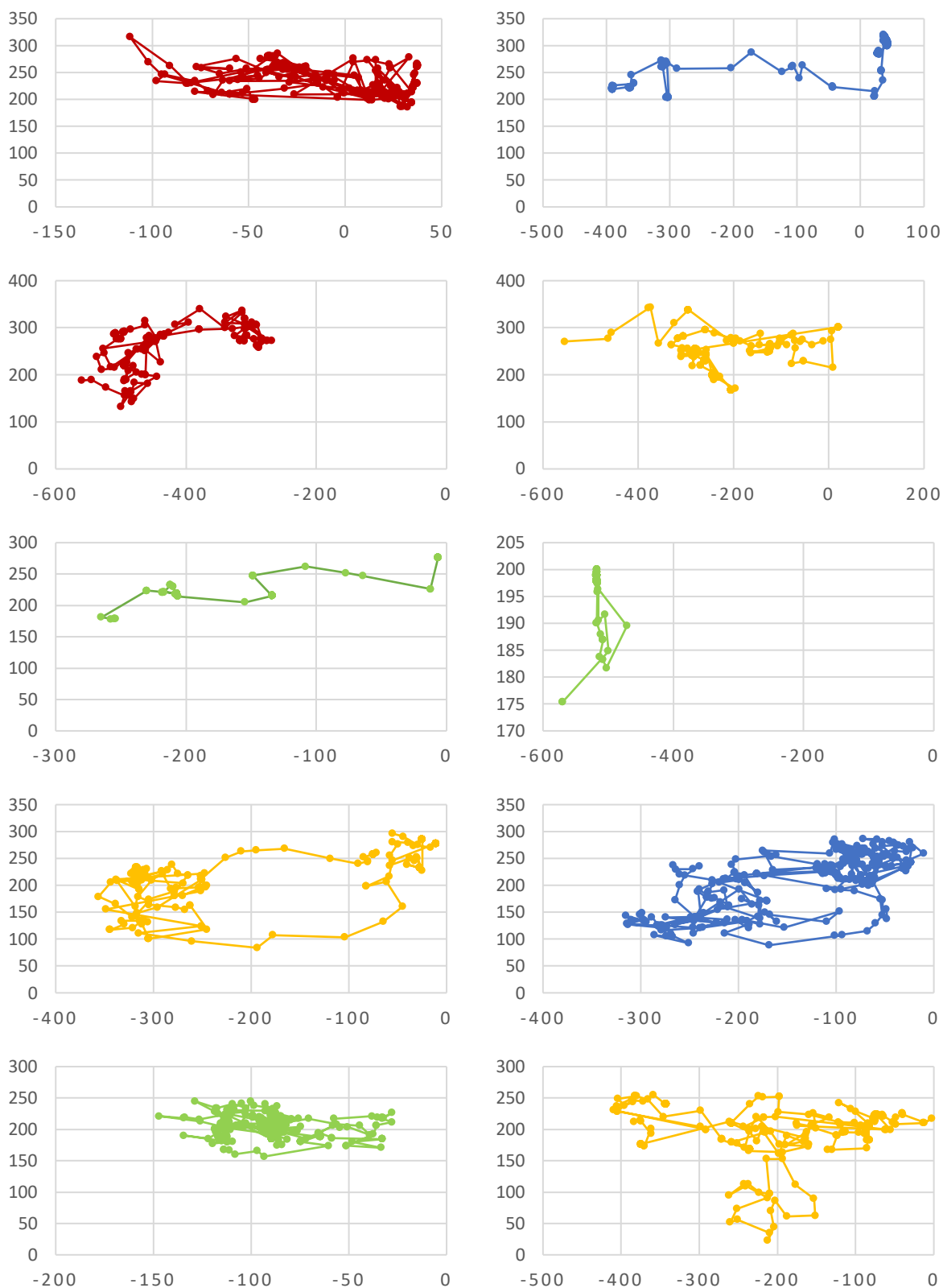
Na Chocenicckém potoce urazil nejdelší vzdálenost zelený rak 7, který prošel přes 3 kamery a migroval tak necelých 89 metrů. Naopak nejkratší vzdálenost připadá na zeleného raka 8, který ušel necelý metr, konkrétně 0,92 metrů. Střední hodnota tohoto souboru činí délku 11,43 metrů.

Tabulka 3: Délka migrace raků na Chocenicckém potoce.

Číslo	Délka těla	Pohlaví	barva označení	Délka (m)
1.	57,2	♀	žlutá	5,99
2.	62,6	♂	modrá	2,13
3.	57,8	♂	červená	18,94
4.	61,2	♀	žlutá	11,49
5.	76,8	♂	modrá	12,38
6.	63	♂	červená	11,09
7.	81,6	♂	zelená	88,73
8.	59,9	♂	zelená	0,97
9.	63,6	♀	modrá	11,36
10.	64	♀	modrá	17,24

Z tabulky 3 můžeme vyčíst, že nejdelší i nejkratší vzdálenost ušel samec. Zelený rak 7, který nejvíce migroval, byl v tomto souboru i největší. Jeho délka těla dosahovala 81,6 mm. Ušlá vzdálenost samic se pohybuje kolem středových hodnot tohoto vzorku.

### 3.7.2. Levostranný přítok Mítovského potoka



Graf 2: Délky migrace jednotlivých raků na Levostranném přítoku Mítovského potoka. Zleva červený rak 1; modrý rak 2; červený rak 3; žlutý rak 4; zelený rak 5; zelený rak 6; žlutý rak 7; modrý rak 8; zelený rak 9; žlutý rak 10.

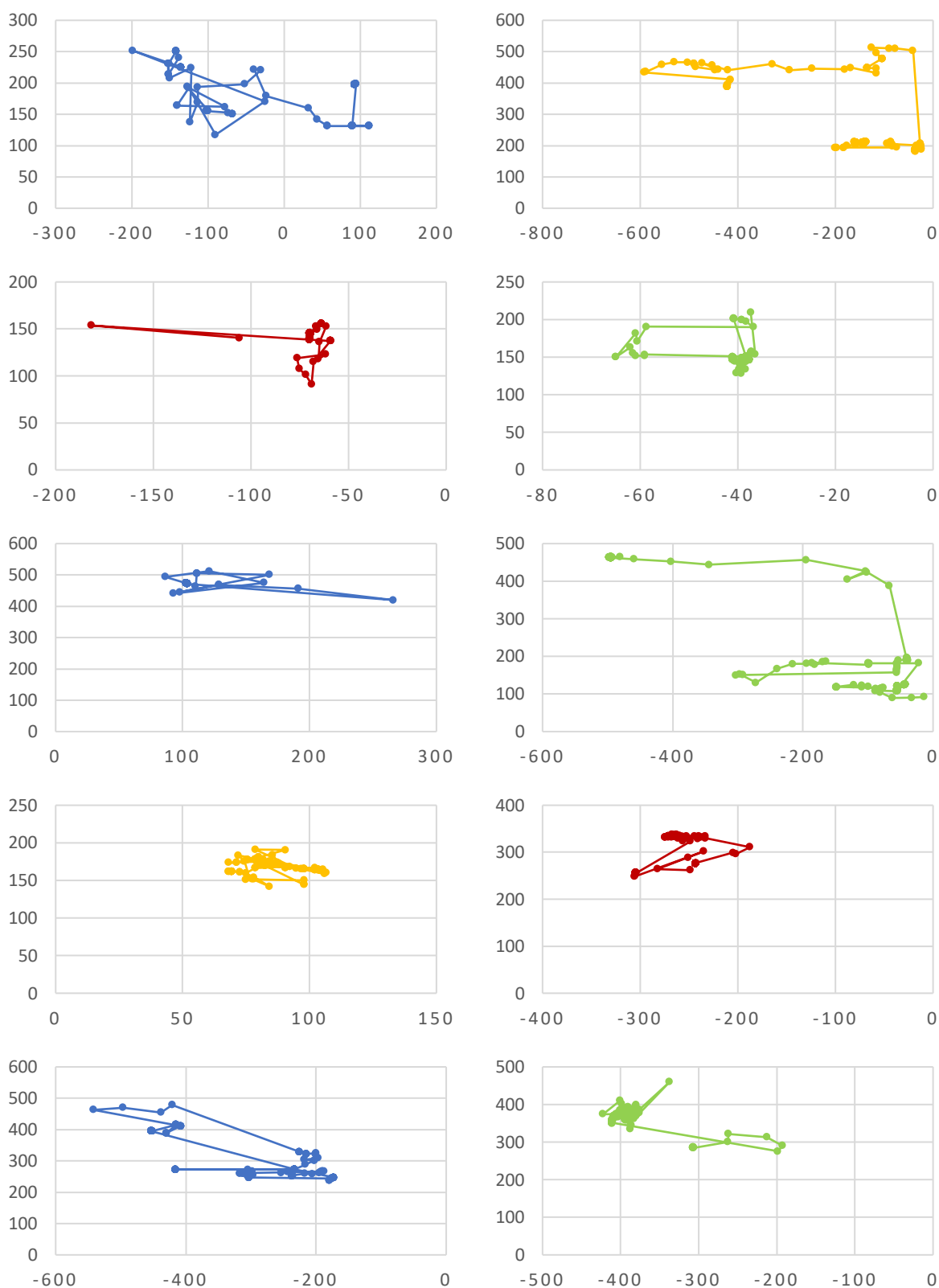
Na Levostranném přítoku Mítovského potoka ušel nejdelší vzdálenost modrý rak 8. Ten migroval na třetím sledovaném úseku, kde urazil 54,6 metrů. Nejkratší migrace na tomto toce byla zaznamenána u zeleného raka 6, který se pohyboval pouze v šíři toku a jeho ušlá vzdálenost činila 2,3 metry. Střední hodnota tohoto souboru vykazuje délku 24,3 metrů.

Tabulka 4: Délka migrace raků na Levostranném přítoku Mítovského potoka.

Číslo	Délka těla	Pohlaví	Barva označení	Délka (m)
1.	59,2	♀	červený	36,8
2.	61,8	♂	modrý	10,3
3.	50,9	♂	červený	25,1
4.	58,2	♀	žlutý	23,5
5.	59,5	♀	zelený	4,4
6.	55,4	♂	zelený	2,3
7.	56,5	♂	žlutý	29,3
8.	52,7	♀	modrý	54,6
9.	61,4	♂	zelený	19,7
10.	58,3	♀	žlutý	34,1

Z tabulky číslo 4 lze vypočítat, že nejdelší uraženou cestu uskutečnila samice, která ušla 54,6 m. Naopak nejméně se pohyboval samec, který migroval jen v blízkosti svého úkrytu a jeho uražená délka byla 2,3 metry. U většiny raků se délka migrace v tomto vzorku pohybovala v délkách 20-35 metrů.

### 3.7.3. Skořický potok



Graf 3: Délky migrací jednotlivých raků na Skořickém potoce. Zleva modrý rak 1; žlutý rak 2; červený rak 3; zelený rak 4; modrý rak 5; zelený rak 6; žlutý rak 7; červený rak 8; modrý rak 9; zelený rak 10.

Nejdelší migrace v tomto toce byla dlouhá 21,83 metrů. Tuto vzdálenost ušel modrý rak 9. Oproti tomu nejkratší vzdálenost urazil červený rak 3, a to pouhých 3,66 metrů. Přesto se ale na ostatních tocích našli jedinci, kteří urazili ještě menší vzdálenost. Středová hodnota délky migrace na Skořickém potoce byla 10,01 metrů.

Tabulka 5: Délka migrace na Skořickém potoce.

Číslo	Délka těla	Pohlaví	Barva označení	Délka (m)
1.	81,8	♂	modrá	11,62
2.	59	♀	žlutá	14,59
3.	55,1	♀	červená	3,66
4.	57,8	♂	zelená	4,21
5.	68,1	♀	modrá	7,58
6.	66,3	♀	zelená	16,25
7.	58,3	♀	žlutá	4,84
8.	55,4	♀	červená	8,39
9.	51,7	♂	modrá	21,83
10.	54,9	♀	zelená	13,25

V tabulce 5 můžeme nalézt bližší informace o jedincích a jejich délkách migrace. Nejdelší vzdálenost na tomto toku ušel samec. Naopak nejkratší pohyb byl zaznamenán u samice. Obecně tito jedinci urazili menší vzdálenosti, než tomu bylo u předchozích dvou toků. Většina raků se totiž pohybovala v délkách v rozmezí mezi 4-15 metry.

### 3.8. Srovnání délky pohybů mezi toky

Tabulka 6: Srovnání migrací, pohlaví a velikosti těla mezi potoky

	Chocenický potok			LP Mítovského potoka			Skořický potok		
	Délka migrace	Pohlaví	Velikost těla	Délka migrace	Pohlaví	Velikost těla	Délka migrace	Pohlaví	Velikost těla
nejdelší vzdálenost	88,73 m	♂	81,6 mm	54,6 m	♀	52,7 mm	21,83 m	♂	51,7 mm
nejkratší vzdálenost	0,92 m	♂	59,9 mm	2,3 m	♂	55,4 mm	3,66 m	♀	55,1 mm

Z tabulky číslo 6 můžeme vyčíst, že nejdelší vzdálenost ze všech tří zkoumaných toků urazil rak z Chocenického potoka. Konkrétně se jednalo o samce, jehož délka těla byla největší ze všech tří raků s nejdelší ušlou vzdáleností. Na dalších tocích byly nejdelší uražené vzdálenosti nižší oproti Chocenickému potoku. Stejně tak se i snižovali velikosti těla raků. Tím pádem by mohla uražená vzdálenost souviset s velikostí těla raka. Nejdelší migrace na všech tocích byla u dvou toků realizována samci. Pouze na Levostranném přítoku Mítovského potoka urazila nejdelší vzdálenost samice. Obdobně tomu tak bylo i u nejkratších vzdáleností. Na dvou tocích urazili nejkratší vzdálenost samci. Konkrétně se jednalo o Chocenický potok a Levostranný přítok Mítovského potoka. Nejkratší vzdálenost na Skořickém potoce ušla samice. Nejkratší délka migrace proběhla na Chocenickém potoce, při níž rak ušel pouhých 0,9 metrů. Na dalších tocích byly vzdálenosti vyšší. Na Levostranném přítoku Mítovského potoka se jednalo o vzdálenost 2,3 metry a na Skořickém potoce se jednalo o vzdálenost 3,66 metrů.



## 4. Diskuze

Studium migračních schopností raka kamenáče probíhalo v září roku 2021 na třech lokalitách. Na Chocenickém potoce, Levostranném přítoku Mítovského potoka a na Skořickém potoce. Všechny tyto toky nalezneme v Plzeňském kraji.

Hlavním cílem této práce bylo sledování a následné vyhodnocení individuálních migrací raka kamenáče na již zmíněných lokalitách. Dílčí cíle této práce zahrnovaly analýzu a vyhodnocení, zda existují rozdíly v migraci v závislosti na délkové nebo na pohlavní struktuře raka kamenáče. Dále jsme porovnávali délky migrací mezi jednotlivými toky. Na každém toku byla vyhodnocena délková a pohlavní struktura raka kamenáče. V závěru práce byl vyhodnocen i homing raků na všech tocích. Bylo zjišťováno, kolik raků se po migraci navrátilo zpět do jejich původních úkrytů.

Pro sledování migrace byla použita relativně nová metoda, která poskytuje záznam pohybů raka kamenáče v potocích během noci (Füreder, 2014). Oproti ostatním metodám značení, jako je například značení raků pomocí elastomer – VIE, vypalování značek či využívání radiotelemetrie, je tato metoda levná a dostupná. Navíc tato metoda značení na rozdíl od značení pomocí elastomer zjišťuje i pohybové vzorce raků, čímž podrobněji zkoumá jejich migrační schopnosti (Buřič et al., 2008; Füreder, 2014).

Hlavním cílem, jak již bylo zmíněno, bylo vyhodnocení individuálních migrací raků na 3 lokalitách. Nejdelší vzdálenost ze všech tří toků ušel rak na Chocenickém potoce. Tento rak přes noc ušel 88,73 metrů. Na Levostranném přítoku Mítovského potoka nejdelší vzdálenost ušel rak 54,6 metrů. Nejdelší zaznamenaná migrace raka kamenáče v jiných studiích prokazuje mnohem kratší vzdálenosti. Nejdelší zaznamenaná krátkodobá migrace v různých studiích raka kamenáče v České republice byla 19 metrů (Myslíková, 2016), 4,4 metrů (Šimůnková, 2020) a 29,7 metrů (Režná, 2020). Tyto vzdálenosti ale nepočítají s příčnými pohyby a průběžnými podélnými pohyby v daném úseku. Někteří autoři zmiňují, že rak kamenáč spíše preferuje pobyt v blízkosti svého úkrytu (Kadlecová et al., 2012). Tento fakt se v naší studii neprokázal. Většina raků v této práci migrovala pryč od svého původního úkrytu. V některých studiích je zaznamenáno několik málo jedinců, kteří překonali vzdálenost 55 metrů (Pöckl a Streissel 2005), stejně tak, jako v této studii. Střední hodnoty délek migrací v těchto 3 lokalitách byly v rozmezí 10–24 metrů. Příčiny migrace může ovlivňovat několik faktorů. Může se jednat o

hledání potravní nabídky, hledání vhodnějšího úkrytu, či ovlivnění abiotickými podmínkami. Sint a Füreder (2004) uvádí ve své práci, že rak kamenáč migruje do doby, než nalezne vhodný úkryt. Toto tvrzení mohu částečně potvrdit. Při analýze pohybových schopností raka kamenáče se někteří raci po jejich migraci usídlili pod kamen, kde již setrvali do úsvitu.

Tato práce byla zaměřena i na to, zda existuje rozdíl v migraci mezi pohlavími. Někteří autoři totiž zmiňují, že by měla převažovat migrace samců v době rozmnožování. Především z důvodu hledání samice pro rozmnožení (Buřič et al., 2009). Této studii se věnovali i další autoři (Pöckl a Streissl, 2005, Kadlecová et al., 2012; Myslíková, 2016; Šimůnková, 2020; Režná, 2020). Obdobně jako u nich, ani v této práci nebyl zjištěn rozdíl v délkách migrací.

V neposlední řadě bylo sledováno navrácení raků zpět po migraci do jejich původního úkrytů, takzvaný homing. Na Chocenicckém potoce se zpět na původní místo nevrátil ani jeden jedinec. Na Levostranném přítoku Mítovského potoka se zpět do svého původního úkrytu vrátili 3 raci. Na posledním Skořickém potoce se vrátil zpět pouze jeden rak. Homing sledovaných raků na 3 jednotlivých tocích vyšel jako statisticky nevýznamný. Toto zjištění by tak mohlo napomoci k podrobnější analýze migračního chování raka kamenáče.

## 5. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit a vyhodnotit pohybové schopnosti raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) na třech tocích. Dílčí cíle této práce zahrnovaly vyhodnocení, zda existují rozdíly v migraci raka kamenáče mezi jednotlivými toky, v délkové struktuře raků, či mezi pohlavími. Dále jsme vyhodnocovali homing raků, což znamená, kolik raků se po migraci navrátilo zpět do jejich původních úkrytů. Dále jsme porovnávali délkovou a pohlavní strukturu raků mezi jednotlivými toky.

Výzkum probíhal v září roku 2021 na předem vybraných třech lokalitách. Konkrétně se jednalo o Chocenický potok, Levostranný přítok Mítovského potoka a Skořický potok. Všechny tyto lokality se nacházejí v Plzeňském kraji. Na každém toku byl zvolen 20-25 metrový vhodný úsek. V tomto úseku pomocí metody ručního odlovu bylo nalezeno a vybráno 10 vhodných jedinců. Ti byli pomocí nalepení lightsticku MINI na krunýř raka označeni a navraceni zpět do potoka. Poté byla sledována jejich migrace přes celou noc pomocí zaznamenávání snímků z GoPro kamer, které byly aplikovány po 5 metrech na námi vymezený úsek. Získaná data pak byla využita k vyhodnocení individuálních migrací raka kamenáče na jednotlivých lokalitách.

Na každé lokalitě bylo vybráno 10 vhodných jedinců. U těchto raků jsme sledovali jejich krátkodobou migraci. Nejdlejší zaznamenanou migrací ze všech toků bylo na Chocenickém potoce, kde zelený rak 7, konkrétně samec ušel vzdálenost 88,73 metrů. Nejdlejší vzdálenost na Levostranném přítoku Mítovského potoka činila 54,6 metrů, kterou ušla samice. Na posledním toce byla zaznamenána nejdlejší migrace u samce, který ušel 21,83 metrů. Poté bylo pro všechny individuální migrace raků vytvořeno jejich grafické znázornění pohybů.

Dílčím cílem výzkumu bylo porovnání velikostí těl raků mezi jednotlivými toky. Nejprve byla zkoumaná délková struktura raků individuálně na každém toku. Největší průměrná délka těla raků byla nalezena na Chocenickém potoce, kde dosahovala hodnot 64,77 mm. Naopak nejmenší průměrná délka těla byla na Levostranném přítoku Mítovského potoka. Zde průměr dosahoval hodnoty 57,39 mm. Délkové struktury byly dále podrobeny statistické analýze. Bylo vyhodnocováno, zda existuje rozdíl v migracích vůči velikosti těla raka. Rozdíly v délkách těla na jednotlivých tocích byly na hraně významnosti. Po porovnání délkových struktur jsme dále porovnávali i pohlavní strukturu raků na jednotlivých tocích a pomocí statistické analýzy jsme vyhodnocovali, zda mezi nimi existují rozdíly v migraci. V této práci vyšly pohlavní struktury

raků v závislosti na migraci jako statisticky nevýznamné, tudíž délky migrací nejsou závislé na pohlaví.

Posuzováno bylo také i navrácení raků do jejich původního úkrytu. Ze všech tří toků, tudíž z 30 označených jedinců se zpět navrátili pouze 4 jedinci. 3 jedinci na Levostranném přítoku Mítovského potoka a 1 rak, konkrétně samice na potoce Skořickém. Na Chocenickém potoce se zpět do původního úkrytů nevrátil ani jeden jedinec.

V závěru této práce byla zpracována grafická vyobrazení individuálních migrací raků na všech sledovaných tocích. Pro každého raka byl vytvořen samostatný graf, který vyobrazuje dráhu jeho pohybu na sledovaném úseku.

Tato práce detailně zkoumá krátkodobou migraci raka kamenáče a sumarizuje poznatky o jeho pohybových schopnostech. Diplomová práce by díky nové detailnější metodě pozorování mohla přispět k lepšímu porozumění migračního chování raka kamenáče.

## 6. Resumé

Cílem diplomové práce bylo zjistit migrační chování raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) na vybraných třech tocích. Výzkum probíhal v září minulého roku (2021) na Chocenickém, Levostranném přítoku Mítovského potoka a na Skořickém potoce. Všechny tyto potoky spadají do Plzeňského kraje. Na těchto zmíněných lokalitách bylo metodou ručního odchytu raků vybráno největších 10 jedinců. Ti byli posléze pomocí barevného lighsticku MINI označeni a navraceni zpět do potoka. Pomocí GoPro kamer jsme tyto označené raky přes noc sledovali. Všechna data byla zpracována statistickou analýzou a posléze byla vyhodnocena a graficky znázorněna i migrace jednotlivých raků na všech tří tocích.

### **Klíčová slova:**

rak kamenáč, *Austropotamobius torrentium*, krátkodobá migrace

## **7. Cizojazyčné resumé**

The aim of the Dissertation thesis was to research stone crayfish's (*Austropotamobius torrentium*) migration behavior. The research has taken place last year (2021) in September and was made in following localities: Chocenický spruit, Skořický spruit and on the left-side tributary of the Mítovský spruit. All those spruits are in Pilsen Region. In each locality were selected ten biggest stone crayfishes by hand catch method. Selected stone crayfishes were marked with coloured lightstick MINI and were returned to the spruits. All those marked ones were monitored by using GoPro cameras through the night. All gained data were processed by statistical analysis and then the migration of each stone crayfish on all three spruits was evaluated and graphically shown individually.

### **Key words:**

Stone crayfish, *Austropotamobius torrentiu*, short-term migration

## 8. Seznam Literaturní

- Beran, L., Petrusek, A., 2006. First record of the invasive spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (*Crustacea: Cambaridae*) in the Bohemian Forest (South Bohemia, Czech Republic). *Silva Gabreta* 12: 143–146.
- Boets, P., Lock, K., Adriaens, T., Mouton, A., Goethals, P.L. 2012. Distribution of crayfish (*Decapoda: Astacida: Cambaridae*) in Flanders (Belgium): an update. *Belgian Journal of Zoology* 142, 86–92.
- Bramard, M., Demers, A., Trouilhe, M.-C., Bachelier, E., Dumas, J.-C., Fournier, C., Broussard, E., Robin, O., Souty-Grosset, C., Grandjean, F. 2006. Distribution of indigenous and non-indigenous crayfish populations in the Poitou-Charentes region (France): evolution over the past 25 years. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 380–381: 857–866.
- 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. 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 co-occurring introduced and native crayfish. – *Freshwater Biology* 51: 1359–1368.
- Buřič, M., Kozák P., Vich, P. 2008. Evaluation of different marking methods for spiny- cheek crayfish (*Orconectes limosus*). – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 389: 2.
- Buřič, M., Kouba, A., Kozák, P. 2009. Spring mating period in *Orconectes limosus*: the reason for movement. – *Aquatic Science* 71: 473–477.
- Buřič, M., Kouba, A., Kozák, P. 2010a. Moulting and growth in relation to form alternation of male spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus*. *Zoological Studies* 49: 28–38.
- Buřič, M., Kouba, A., Kozák, P. 2010b. Intra-sex dimorphism in crayfish females. *Zoology* 113: 301–307.
- Crandall, K. A., Buhay, J. E. 2008. Global diversity of crayfish (*Astacidae*, *Cambaridae*, and *Parastacidae* - *Decapoda*) in freshwater. – *Hydrobiologia* 595: 295–301.
- Crandall, Keith A., Sammy de Grave. 2017. An updated classification of the freshwater crayfishes (*Decapoda: Astacidea*) of the world, with a complete species list. – *Journal of Crustacean Biology* 37: 615–653.
- Demeres, A., Souty-Grosset, C., Trouilhé, M.C., Füreder, L., Renai, B., Gherardi, F. 2006. Tolerance of three European native species of crayfish to hypoxia. *Hydrobiologia* 560: 425–432.
- Žuriš, Z., Kozák, P., Polícar, R., Theimer, J. 2001. Rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) v České republice. *Časopis Slezského Zemského Muzea*, Opava, 1: 49–52.

- Ďuriš, Z., Horká, I. 2005. Rešerše biologie a ekologie raků v České republice. – Nepublikovaná zpráva. Deponována ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka v Praze, Ostrava, 31.
- Filipová, L., Lieb, D.A., Grandjean, F., Petrusek, A. 2011. Haplotype variation in the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus*: colonization of Europe and genetic diversity of native stocks. *Journal of the North American Benthological Society* 30: 871–881.
- Fisher, D., Vlach, P. 2018. Hlavní příčiny ohrožení raka kamenáče na území ČR. – *Agentura ochrany a přírody a krajiny ČR (6)*.
- Füreder, L., Gherardi, F., Souty-Grosset, C. 2010. *Austropotamobius torrentium* (errata version published in 2017). *The IUCN Red List of Threatened Species*. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Navštíveno 20. dubna 2022.
- Füreder, L., Edsman, L., Holdich, D.M., Kozák, P., Machino, Y., Pöckl, M., Renai, B., Reynolds, J.D., Schulz, H., Schulz, R., Sint, D., Taugbol, T., Trouilhé, M.C. 2006. Indigenous crayfish habitat and threats. In: Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noël, P.Y., Reynolds, J.D., Haffer, P. (Eds), Atlas of Crayfish in Europe. *Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, 25–48.
- Füreder, L. 2014. A method to record continuous movements of crayfish in small rivers during the night. – *Crayfish news* 30: 1–10.
- Goddard, J.S. 1988. Food and Feeding. – In: Holdich, D.M., Lowery, R.S. (Eds), *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*. Croom Helm Ltd., London, 145–166.
- Görner, T. 2021. Rak mramorovaný potřetí, tentokrát opět v Praze. – *Péče o přírodu a krajinu* 2: 26–27.
- Hager, J. 1996. Edelkrebse. Leopold Stocker Verlag, Graz, 128.
- Hamr, P. 2002. *Orconectes*. In: Holdich, D.M. (Eds), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science Ltd., Oxford, Velká Británie, 585–608.
- Harhoğlu, M. M., Güner, U. 2007. A new record of recently discovered crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Shrank, 1803), in Turkey – *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 387: 1–5.
- Henttonen, P., Huner, J.V. 1999. The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction. In: Gherardi, F., Holdich, D.M. (Eds), *Crayfish in Europe as alien species: How to make the best of the bad situation?* A.A. Balkema, Rotterdam, 13–22.
- 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.
- Hobbs, H.H., Jr. 1987. A Review of the Crayfish genus *Astacoides* (Decapoda:Parastacidae). *Smithsonian Contributions to Zoology* 443: iii + 50.



- Hobbs, H.H., Jr. 1988. Crayfish distribution, adaptive radiation and evolution. In: Holdich D.M., Lowery R.S. (Eds), *Freshwater Crayfish, Biology, Management and Exploitation*. Croom Helm Ltd., London, Velká Británie, 52–82.
- Hobbs, H.H., III., Jass, J.P., Huner, J.V. 1989. A review of the global crayfish introductions with particular emphasis on two North American species (*Decapoda: Cambaridae*). *Crustaceana* 56: 299–316.
- Hogger, J.B. 1988. Ecology, Population Biology and Behaviour. In: Holdich, D.M., Lowery, R.S. (Eds), *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*. *The University Press*. 114–144.
- Holdich, D.M., Reeve, I.D. 1988. Functional morphology and anatomy. In: Holdich, D.M., Lowery, R.S. (Eds), *Freshwater Crayfish, Biology, Management and Exploitation*. Croom Helm Ltd., London, 11–51.
- Holdich, D.M., Haffer, P., Noël, P., Carral, J., Füreder, L., Gherardi, F., Machino, Y., Madec, J., Pöckl, M., Šmietana, P., Taugbol, T., Vigneux, E. 2006. Species files. In: Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noël, P.Y., Reynolds, J.D., Haffner, P. (Eds), *Atlas of Crayfish in Europe*. *Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, 49–130.
- Holdich, D.M., Reynolds, J.D., Souty-Grosset, C., Sibley, P.J. 2009. A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and management of Aquatic Ecosystems* 11:394–395.
- Horká, I. 2006. *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) – rak bahenní. In: Mlíkovský, J., Stýblo, P. (Eds), *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. ČSOP, Praha, 229–231.
- Chobot, K. 2006. Mapování raků v AOPK ČR. *Ochrana přírody* 61: 57–59.
- 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.
- Kouba, A., Petrušek, A., Kozák, P. 2014. Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. – *Knowledge And Management Of Aquatic Ecosystems* 413: 5.
- 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., Ďuriš., Z., Petrušek A., Buřič M., Horká I., Kouba A., Kozubíková E., Polícar T. 2015. Biologie a chov raků. – *Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, České Budějovice*, 418.
- Kozubíková, E., Petrušek, A. 2009. Račí mor – přehled dosavadních poznatků o závažném onemocnění raků a znehodnocení situace v České republice. *Bulletin VÚRH Vodňany* 45 (2–3): 34–54.
- Krupauer V. 1982: Raci. – *Český rybářský svaz, Pardubice*, 69.

- Lipták, B., Vitázková, B., Stloukal, E. 2013. First record of the spinycheek crayfish (*Orconectes limosus*) in the Serbo-Romanian Tamiš River. *Freshwater Crayfish* 19: 229–232.
- Martin, J.W., Davis, G.E. 2001. An Updated Classification of the Recent *Crustacea*. – *Science Series, Natural History Museum of Los Angeles County* 39: 124.
- 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.
- 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.
- Patoka, J., Římalová-Kadlecová, K., Bílý, M., Koščo, J. 2013. Frequency of new marble-colored morph in wild population of *Austropotamobius torrentium* (*Decapoda: Astacidae*). – *Biologia* 68: 707–711.
- Myslíková, T. 2016. Migrační schopnosti raka kamenáče. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, Centrum biologie, geověd a envigogiky.
- Patoka, Jiří. 2008. Chováme sladkovodní raky. Grada. ISBN 978-80-247-1836-1.
- Patoka, J., Buřič, M., Kolář, V., Bláha, M., Petrtýl, M., Franta, P., Tropek, R., Kalous, L., Petrušek, A., Kouba, A. 2016. Predictions of marbled crayfish establishment in conurbations fulfilled: Evidences from the Czech Republic. *Biologia* 71: 1380–1385.
- Perdikaris, C., Koutrakis, E., Saraglidou, V., Margaritis, N. 2007. Confirmation of occurrence of the narrow-claved crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) in the River Evros in Greece. – *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 385: 45–52.
- Petrušek, A., Filipová, L., Ďuriš, Z., Horká, I., Kozák, P., Polícar, T., Štambergová, M., Kučera, Z. 2006. Distribution of the invasive spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in the Czech Republic: past and present. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 380–381: 903–917.
- Petrušek, A., Pešek, P., Leština, D., Martin, P., Fischer, D., Kozák, P., Vlach, P. 2017. Mitochondrial DNA provides evidence of a double origin for the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* in the Elbe basin. – *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters* 62, 77–83.
- Polícar, T., Kozák, P. 2000. Výskyt raků v ČR. *Bulletin VÚRH Vodňany* 36 (1–2): 18–22.
- Polícar, T., Simon, V., Kozák, P. 2004. Egg incubation in the noble crayfish (*Astacus astacus* L.): the effect of controlled laboratory and outdoor ambient condition on hatching success, growth and survival rate of juveniles. – *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 372-373: 411-423.
- Pöckl, M., Streissl, F. 2005. *Austropotamobius torrentium* as an indicator for habitat quality in running waters? – *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 376–377: 743–758.
- Pöckl, M., Holdich, D.M., Pennerstorfer, J. 2006. Identifying native and alien crayfish species in Europe. *European Project CRAYNET*, 47.

- Regier, J.C., Shultz, J.W., Zwick, A., Hussey, A., Ball, B., Wetzer, R., Martin, J.W., Cunningham, C.W. 2010. Arthropod relationships revealed by phylogenomic analysis of nuclear protein-coding sequences. *Nature* 436: 25.
- Režná, A. 2020. Denní migrace raka kamenáče. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, Centrum biologie, geověd a envigogiky.
- Režná, A. 2022. Dobří holubi se vrací: Homing u raka kamenáče. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, Centrum biologie, geověd a envigogiky.
- 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.
- 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.
- Streissl, F., Hödl, W. 2002. Growth, morphometrics, size at maturity, sexual dimorphism and condition index of *Austropotamobius torrentium* Schrank. – *Hydrobiologia* 477: 195–199.
- Svobodová, J., Štambergová, M., Vlach, P., Pícek, J., Douda, K., Beránková, M. 2008. Vliv jakosti vody na populace raků v České republice – porovnávání s legislativou ČR. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 6: 1–5.
- Svobodová, J., Douda, K., Vlach, P. 2009. Souvislost mezi výskytem raků a jakostí vody v České republice. *Bulletin VÚRH Vodňany* 45 (2–3): 100–109.
- Svobodová, J., Vlach, P., Fischer, D. 2010. Legislativní ochrana raků v České republice a ostatních státech Evropy. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 52: 1–20.
- Svobodová, J., Fischer D., Svobodová, E., Vlach, P. 2016. Periodické vysychání toků: další faktor negativně ovlivňující populace našich raků. – *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 58(3): 34–38.
- Šimůnková, K. 2020. Pozorování migrace raka kamenáče. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, Centrum biologie, geověd a envigogiky.
- Štambergová M., Svobodová J., Kozubíková E. 2009. Raci v České republice (Crayfish in the Czech Republic). – *AOPK ČR*, Praha, 255.
- Štěpán, V.J. 1932–33. Soudobý stav rakařství v Čechách. *Československý rybář* 20.
- Taylor, C. A., Schuster, G.A., Cooper, J.E., DiStefano, R.J., Eversole, A.G., Hamr, P., Hobbs, H.H., Robison, H.W., Skelton, C.E., Thoma, R.F. 2007. A reassessment of the conservation status of crayfish of the United States and Canada after 10+ years of increased awareness. *Fisheries* 32: 372–389.

Vlach, P., Fischer, D. a Hulec, L. 2009a. Microhabitat preference of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803). – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystem 15*: 384–395.

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*: 394–395.

Vlach, P. 2017. Invazní druhy raků v České republice. – *Fórum ochrany přírody*: 35–40.

Vlach P., Fischer D. 2017. Decapoda. *Příroda*, Praha, 36: 99–101.

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

## 9. Přílohy

### 9.1. Příloha 1: Záznamový arch z Chocenického potoka

10.-11.9.2021				
	DÉLKA TĚLA	POHLAVÍ	ZVLÁŠTNOSTI	BARVA OZNAČENÍ
1.	57,2	♀	X	žlutá
2.	62,62	♂	X	modrá
3.	57,8	♂	X	červená
4.	61,2	♀	X	žlutá
5.	76,8	♂	Chybí levé klepeto	modrá
6.	62,98	♂	X	červená
7.	81,62	♂	X	zelená
8.	59,93	♂	X	zelená
9.	63,62	♀	X	modrá
10.	63,95	♀	X	modrá

## 9.2. Příloha 2: Záznamový arch z Levostranného přítoku Mítovského potoka

13.-14.9. 2021				
	DÉLKA TĚLA	POHLAVÍ	ZVLÁŠTNOSTI	BARVA OZNAČENÍ
1.	59,2	♀	X	Červená
2.	61,8	♂	X	Modrá
3.	50,9	♂	X	Červená
4.	58,2	♀	X	Žlutá
5.	59,5	♀	X	Zelená
6.	55,4	♂	Chybí pravé klepeto	Zelená
7.	56,5	♂	X	Žlutá
8.	52,7	♀	X	Modrá
9.	61,4	♂	X	Zelená
10.	58,3	♀	X	Žlutá

### 9.3. Příloha 3: Záznamový arch ze Skořického potoka

20.-21.9. 2021				
	DÉLKA TĚLA	POHLAVÍ	ZVLÁŠTNOSTI	BARVA OZNAČENÍ
1.	81,8	♂	Potočnice	Modrá
2.	59	♀	X	Žlutá
3.	55,1	♀	X	Červená
4.	57,8	♂	Potočnice	Zelená
5.	68,1	♀	Potočnice	Modrá
6.	66,3	♀	X	Zelená
7.	58,3	♀	Chybí levé klepeto	Žlutá
8.	55,4	♀	Potočnice	Červená
9.	51,7	♂	X	Modrá
10.	54,9	♀	X	Zelená