

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

DOBŘÍ HOLUBI SE VRACEJÍ: HOMING U RAKA KAMENÁČE
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Andrea Režná

Učitelství pro střední školy, obor biologie – tělesná výchova

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

Plzeň, 2022

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

V Plzni, 29. června 2022

.....

vlastnoruční podpis

Poděkování

Tím to bych chtěla poděkovat RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D. za pomoc při zpracování mé diplomové práce. Velice si vážím cenných rad, které mi pan doktor poskytl. Dále bych také moc chtěla poděkovat svým rodičům za jejich pomoc.

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	3
1 ÚVOD	4
1.1 RACI OBECNĚ	4
1.2 SYSTEMATICKÉ ZAŘAZENÍ RAKŮ	4
1.3 ROZŠÍŘENÍ RAKŮ	5
1.3.1 Původní druhy raků v Evropě	7
1.3.2 Nepůvodní druhy raků v Evropě	11
1.3.3 Raci v ČR	15
1.4 RAK KAMENÁČ <i>AUSTROPOTAMOBIVS TORRENTIUM</i>	17
1.4.1 Stavba těla	17
1.4.2 Rozlišovací znaky	17
1.4.3 Rozšíření raka kamenáče v Evropě	18
1.4.4 Rozšíření raka kamenáče v české republice	19
1.4.5 Habitat	19
1.4.6 Potrava	20
1.4.7 Predátoři	21
1.4.8 Rozmnožování	22
1.4.9 Příčiny ohrožení	23
1.5 LEGISLATIVA A OCHRANA RAKŮ	26
1.6 MIGRACE	26
2 CÍLE PRÁCE	28
3 METODIKA	29
3.1 DESIGN EXPERIMENTU	29
3.2 ZNAČENÍ RAKŮ	30
3.3 CHARAKTERISTIKA TOKŮ	31
3.3.1 Mítovský potok	31
3.3.2 Přešínský potok	31
3.3.3 Kornatický potok	31
4 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ DAT	32
5 VÝSLEDKY	33
5.1 DÉLKOVÁ STRUKTURA NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH	33
5.1.1 porovnání délkové struktury těla mezi potoky	34
5.2 POHLAVNÍ STRUKTURA NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH	35
5.2.1 porovnání pohlavní struktury v závislosti na délce migrace	36
5.3 POROVNÁNÍ MIGRACÍ JEDINCŮ MEZI TOKY	36
5.4 PREZENTACE POHYBŮ NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH	37
5.4.1 Přešínský potok	37
5.4.2 Mítovský potok	41
5.4.3 Kornatický potok	44
5.4.4 Homing jedinců na tocích	47
5.4.5 Homing jedinců v závislosti na pohlaví	47
5.5 DÉLKY MIGRACÍ NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH	48
6 DISKUZE	52
7 ZÁVĚR	54
8 RESUMÉ	56
9 CIZOJAZYČNÉ RESUMÉ	57

10 SEZNAM LITERATURY	58
11 PŘÍLOHY	69
11.1 PŘÍLOHA APLIKACE RACI V ČR	69
11.2 PŘÍLOHA APLIKACE RACI V ČR.....	70
11.3 PŘÍLOHA APLIKACE RACI V ČR.....	71
11.4 PŘÍLOHA APLIKACE RACI V ČR.....	72
11.5 PŘÍLOHA APLIKACE RACI V ČR.....	73
11.6 PŘÍLOHA APLIKACE RACI V ČR.....	74
11.7 PŘÍLOHA TABULEK Z JEDNOTLIVÝCH TOKŮ	75
PŘEŠÍNSKÝ POTOK	75
11-12.9.2021	75
MÍTOVSKÝ POTOK	75
12.-13.9 2021	75

SEZNAM ZKRATEK

AOPK – agentura ochrany přírody a krajiny České republiky

ČR – Česká republika

EN – ohrožený

KO – kriticky ohrožený

O – ohrožený

VU – zranitelný

1 ÚVOD

1.1 RACI OBECNĚ

Raci představují velmi významnou skupinu bezobratlých živočichů, kteří obývají sladkovodní prostředí. Raky je možno systematicky umístit do skupiny korýšů Crustacea (Brünnich, 1772), které můžeme charakterizovat přítomností krunýře. Krunýř raků je určen na ochranu měkkých částí těla (Štambergová et al., 2009). Řád Decapoda zahrnuje asi 644 druhů sladkovodních raků (Astacidea) (Crandall a Grave, 2017). Raci osidlují velmi proměnlivou škálu biotopů. Raky lze najít takřka na všech kontinentech s výjimkou Antarktidy a Afriky. Vyskytují se v mělké vodě (1-2 m hloubky), proudících tocích, malém potůčku nebo ve velké řece. Dále ve stojatých vodách obývají jezera, rybníky, močály, příkopy a tůně. Někteří jedinci byli nalezeni v jezerech v hloubkách 30 m (Hobbs, 2001).

1.2 SYSTEMATICKÉ ZAŘAZENÍ RAKŮ

podkmen: Crustacea Brünnich, 1772 - korýši

třída: Malacostraca Latreille, 1802 - rakovci

podtřída: Eumalacostraca Grobben, 1892

nadřád: Eucarida Calman, 1904 - velkokrunýřovci

řád: Decapoda Latreille, 1802 - desetinožci

podřád: Pleocyemata Burkenroad, 1963

infrařád: Astacidea Latreille, 1802 - raci

nadčeleď: Astacoidea Latreille, 1802

čeleď: Astacidae Latreille, 1802 - rakovití

čeleď: Cambaridae Hobbs, 1942

nadčeleď: Parastacoidea Huxley, 1879

čeleď: Parastacidae Huxley, 1879 (Crandall a Grave, 2017).

Podle Crandalla a De Gravea (2017) se řadí sladkovodní raci s 644 popsányými druhy mezi skupinu živočichů z řádu Decapoda (Latreille, 1802). Z taxonomického pojetí rozdělujeme raky do dvou nadčeledí. První nadčeleď je Parastacoidea (Huxley, 1879), která zahrnuje jenom jedinou čeleď Parastacidae (Huxley, 1879). Druhou nadčeleď je

Astacoidea (Latreille, 1802), která obsahuje dvě čeledi, a to Astacidae (Latreille, 1802) a Cambaridae (Hobbs, 1942) (Grandall a Grave, 2017, Kozák et al., 2014).

1.3 ROZŠÍŘENÍ RAKŮ



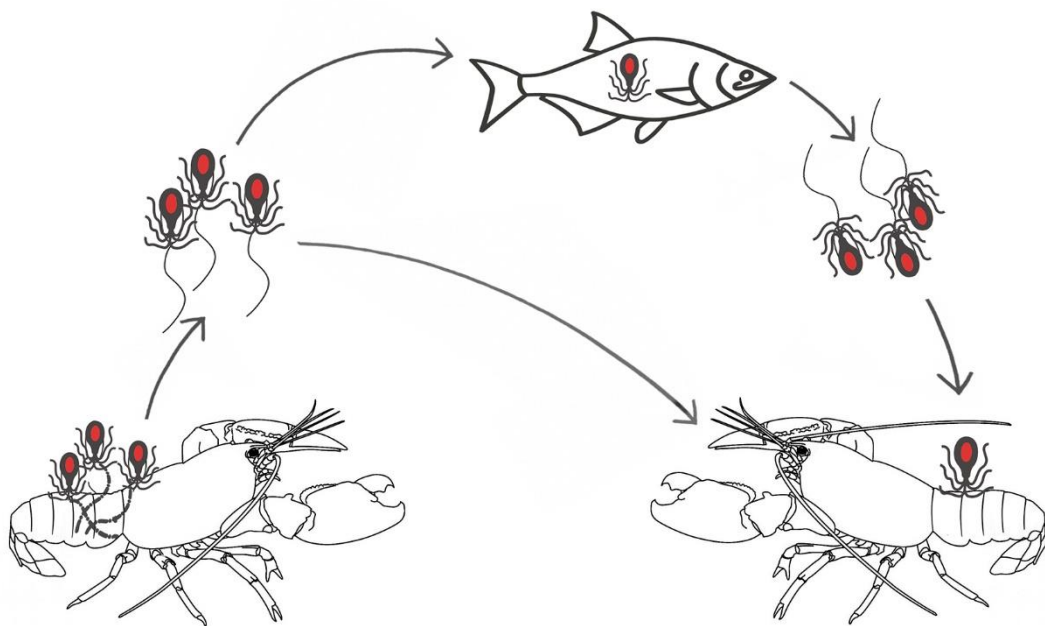
Obr. 1 *Cherax destructor*

První nadčeleď je Parastacidae (Huxley, 1879), která zahrnuje jedinou čeleď Parastacidae s 15 rody a více než 175 druhy se nachází na jižní polokouli, a to přesněji na ostrovech Austrálii a na Novém Zélandu (Crandall a Grave, 2017, Kozák et al., 2014). Druhy, které spadají do této čeledi Parastacidae představují monofyletickou skupinu (Shull et al., 2005). Patří sem například raci rodu *Cherax*, kteří jsou chováni i v produkční akvakultuře (*Cherax destructor*, *C. quadricarinatus* a *C. cainii*) (Staniford & Kuznecovs, 2008; Patullo et al., 2009).

Zástupci této čeledi Parastacidae jsou stejně citliví jako zástupci evropských raků čeledi Astacidae k nebezpečnému račimu moru (Unestam, 1975).

Druhá nadčeleď Astacoidea má areál výskytu na severní polokouli. V průběhu let nastává introdukci jedinců do nových území, jako např. na území Číny, Afriky (Holdich 2002a, 2002b, Štambergová et al., 2009). Rozšíření je značně nerovnoměrné. Severní Amerika je druhově nejbohatší přibližně s čtyři sta padesáti druhy, dále následuje Austrálie s více než sto padesáti druhy, Jižní Amerika s přibližně deseti druhy, Evropa a Malá Asie s devíti

druhy a východní Asie se čtyřmi druhy (Crandall de Grave 2017). Do čeledi Astacidae patří hned několik původních druhů v Evropě. Řadíme sem raka říčního (*Astacus astacus*), raka bělonohého (*Austropotamobius pallipes*), raka bahenního (*Pontastacus leptodactylus*), *Pontastacus pachypus*, raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) a raka biharenského (*A. bihariensis*) (Holdich & Reeve, 1991; Gutierrez-Yurrita et al., 1999; Holdich, 2002, Crandall a Grave 2017, Parvulsecu 2019). Tuto čeleď najdeme i na západě Severní Ameriky zastoupenou rodem *Pacifastacus*. Rodu *Pacifastacus* zahrnuje jak druhy endemické, tak i druhy ohrožené (*Pacifastacus fortis*) (Eg & Daniels, 1982; Light et al., 1995) druhy invazní (rak signální *Pacifastacus leniusculus*) (Alderman et al., 1990; Bubb et al., 2004). Evropské druhy raků této čeledi jsou velice citliví k plísňovému onemocnění račí mor, původcem tohoto onemocnění je plíseň podobný organismus, oomyceta hnileček račí (*Aphanomyces astaci*). Severoameričtí zástupci jsou vzhledem k račímú moru imunní a bývají právě jeho přenašeči (Diéguez-Uribeondo & Söderhäll, 2008; Kozubíková et al., 2009).



Obr. 2 Vývojový cyklus (*Aphanomyces astaci*)

1. Tvorba spor (uvolnění ze sporangii), 2. Pohyblivé dvoubičíkaté zoospory,
3. Přisednutí na nevhodném podkladu (encystace), 4. Zoospora druhé generace,
5. Přisednutí na povrch raka (tvorba cysty, klíčení, růst hyf)

Čeleď Cambaridae je druhově velmi bohatá patří sem 12 rodů a přibližně 445 druhů. Čeleď je rozšířená v Severní Americe až po Mexiko. Endemický rod (*Cambaroides*) se nachází ve výchovní Asii (Hobbs, 1989, Crandall a Grave 2017).

1.3.1 PŮVODNÍ DRUHY RAKŮ V EVROPE

Mezi původní druhy raků vyskytujících se v Evropě řadíme pět původních druhů z čeledi Astacidae. Původní druhy: rak bahenní *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), rak říční *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758), rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803), rak silnoklepetý *Pontstacus pachypus* (Rathke, 1837) a rak bělonohý *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) (Souty-Grosset et al., 2006).

Rak *Austropotamobius italicus* je součástí druhového komplexu *Austropotamobius pallipes*. Dalším nedávno novým popsáním druhem je nový druh nacházející se v pohoří Apuseni v Rumunsku, a to *Austropotamobius bihariensis* (Parvulescu, 2019).

Původní druhy raků bývají označovány za bioindikátory kvality vod. Ačkoliv se čím dál častěji ukazuje, že raci jsou schopni přežít i v znečištěných vodách (Svobodová et al. 2012, Vlach et al., 2013). Račí populace jsou ohroženy i dalšími vážnými faktory jako jsou: predace ze strany ryb, ptáků nebo šelem, degradace biotopu, obzvláště ve spojitosti s napřimováním toků a nevhodný rybářský management. Jako nejnebezpečnější hrozba je epidemie račím morem. Invazní druhy raků přenáší račí mor a způsobují na našem území nenahraditelné ztráty račích populací původních raků (Kozubíková et al. 2008, Kozubíková-Balcarová et al., 2014). Je nutné zmínit to, že v rámci koevoluce patogenu a evropských druhů raků se některé račí populace nebo jen jedinci dokážou račímu moru odolat. A populace ses po několika letech zotavují (Mojžišová et al., 2020).

1.3.1.1 Rak říční *Astacus astacus*

Rak říční je rozšířen přibližně v 39 evropských zemích (Holdich et al. 2009, Kouba et al. 2014). Rak říční je původním v těchto státech: Albánie, Bělorusko, Estonsko, Rakousko, Slovensko, Dánsko, Belgie, Bulharsko, Chorvatsko, Finsko, Holandsko, Polsko, Rumunsko, Rusko, Švédsko, Švýcarsko, Německo, Francie, Maďarsko, Řecko, Itálie, Litva, Jugoslávie (Černá Hora), Lotyšsko, Norsko, Lucembursko (Holdich 2002a).

Ve spojitosti s pokračujícím znečištěním odpadních vod a také v důsledku rozmachu zemědělské výroby a s tím spojené chemizace následoval výrazný pokles těchto jedinců. Lohniský zpozoroval v letech 1981–1882 početný výskyt tohoto jedince na řadě oblastí (Labe v Pardubicích) (Lohniský 1984).

Můžeme ho označit jako nejrozšířenější druh raků u nás. V nynější době se nachází alespoň na 650 mapovacích bodech, najdeme ho tedy na stovkách izolovaných lokalit (Vlach & Melichar 2016).

Rak říční je označen jako kriticky ohrožený druh, dále v červeném seznamu ČR je označen VU – zranitelný (Vlach et Fischer, 2017).

Raka říčního najdeme zejména v pomalu tekoucích potocích. V dávných dobách byl velmi často chován pro velice chutné maso. Byl vysazován do lokalit, jako jsou zatopené lomy rybníky, nádrže a pískovny, kde mohl vhodně přežívat a také se mohl na těchto místech rozmnožovat. Za ideální podmínky lze považovat vody s pevnějším písčítokamenitým dnem, nebo také jílovité břehy s přírodním břehovým porostem. Jedinci raků se rozmnožují na podzim, kdy samci obracejí samice na záda a umisťují mezi 3 poslední páry nohou bílé trubičkovité spermatofory. Samice po oplodnění klade svá vajíčka na spodní část zadečku, tam je opatruje až do příchodu jara následujícího roku (Ďuriš et al., 2007, Holzer, 2000).



Obr. 3 Rak říční *Astacus astacus*

1.3.1.2 Rak bahenní *Pontastacus leptodactylus*



Obr.4 Rak bahenní *Pontastacus leptodactylus*

Rak bahenní O – ohrožený druh. *Pontastacus leptodactylus* osidluje stojaté i tekoucí vody. U nás především rybníky, zatopené lomy. Raka bahenního můžeme často najít i mimo úkryty, a to i za dne. Raci jsou rezistentní vůči znečištění a také vůči nízkému obsahu kyslíku ve vodě. Tento druh je shodně jako naše původní druhy náchylný k račímu moru, i když např. v Turecku se vyskytuje řada populací, které jsou vůči nákaze račím morem rezistentní (Svoboda et al., 2012).

1.3.1.3 Rak kamenáč *Austropotamobius torrentium*

Viz samostatná kapitola

1.3.1.4 Rak silnoklepetý *Pontastacus pachypus*



Obr. 5 Rak silnoklepetý *Pontastacus pachypus*

V současné době je výskyt *Pontastacus pachypus* v Azovském, Černém a Kaspickém moři. Tato račí populace je výrazně ovlivněna znečištěním vod v těchto oblastech, a to ve spojitosti s těžbou ropy. Tento druh raků je zdroj potravy v oblastech svého areálu (Souty-Grosset et al., 2006).

1.3.1.5 Rak bělonohý *Austropotamobius pallipes*



Obr. 6 Rak bělonohý *Austropotamobius pallipes*

Druh (druhový komplex) *Austropotamobius pallipes* je možno najít ve Spojeném království, v západní Evropě, Francii, Švýcarsku, Irské republice a Španělsku. Přestože je rak bělonohý relativně rozšířený, postihlo tento druh četné vymírání následkem nákazou račím morem a také kvůli zavlečení větších a agresivnějších nepůvodních druhů. Probíhající výzkum je specializovaný na produkci mláďat za účelem doplnění stavů. Dospělci tohoto druhu mohou dorůst až délky do 12 cm a dosáhnout váhy těla až 90 g. Byly zaznamenány exempláře, kteří dosahovali délky až 15 cm. Samci bývají většinou větší než samice. Dospělci samců mají větší klepeta než samice. Mají hladká těla, zbarvená do hnědé až olivové barvy s důlkovaným vzhledem. Najdeme jen jeden pár postorbitálních hřebenů.

Rak bělonohý hraje velmi důležitou roli v blahobytu sladkovodních systémů a přispívají také k toku energie a ke koloběhu hmoty. *A. pallipes* je dlouhodobě považován za platný ukazatel bioindikátor kvality vody. Několik nedávných studií uvádí, že tento druh raka můžeme také nalézt i ve středně znečištěných vodách.

Rak bělonohý z toho důvodu vyžaduje zvláštní ochranná opatření. Druh je označen jako „zranitelný“ na Červeném seznamu ohrožených druhů zvířat vytvořeném

Mezinárodní unií pro ochranu přírody a přírodních zdrojů. Najdeme ho také v přílohách II a V směrnice o stanovištích (Rada Evropských společenství, 1992, 1997) (Tirelli et al., 2008).

1.3.2 NEPŮVODNÍ DRUHY RAKŮ V EVROPĚ

V Evropě se vyskytuje alespoň 11 nepůvodních druhů, řazených do čeledí Astacidae, Cambaridae a Parastacidae (Souty-Grosset et al. 2006, Crandall et De Grave 2017). Nepůvodní druhy : rak signální *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852), rak červený *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), rak mramorovaný *Procambarus virginalis* (Lyko, 2017), rak klínový/ východotexaský *Procambarus acutus* (Girard, 1852), rak kalikový *Faxonius immunis* (Hagen, 1870), rak pruhovaný *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817), rak mladistvý *Faxonius juvenilis* (Hagen, 1870), rak statný *Faxonius virilis* (Hagen, 1870), rak mexický *Cambarellus patzcuarentis* (Villalobos, 1943), rak červenoklepetý *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Crandall et De Grave 2017).

V současnosti v ČR se můžeme potkat celkem se třemi druhy těchto nepůvodních raků, a to jak z čeledi Cambaridae s raky pruhovanými a mramorovanými tak i s raky z čeledi Astacidae, konkrétně s rakem signálním. Rak mramorovaný s rakem červeným jsou velice oblíbení v akvarijním chovu, což zvyšuje riziko jejich vysazení do volné přírody.

1.3.2.1 Rak pruhovaný *Faxonius limosus*

Raky pruhované najdeme, jak v tekoucích, tak i ve stojatých vodách (Henttonen et Huner 1999). Raci žijí v řekách, které tvoří velké regulované toky s pomalu tekoucí vodou, a jsou nemeandrující. Rak pruhovaný je agresivní druh, který velmi dobře odolává znečištění, snížení koncentraci kyslíku ve vodě a zvýšeným teplotám (Lindqvist et Huner 1999). Tento druh je krátkověký, jedinci se dožívají maximálně tři až pět let.

V evropských populacích byly zaregistrované samice, které mívají zpravidla 400 ks. Jak už to bývá i raci pruhovaní se stávají potravou kupříkladu: štikám, okounů, volavek, norků, úhořům, vyder (Filipová et al. 2006a, Souty-Grosset et al. 2006). Rak pruhovaný patří mezi nebezpečný nepůvodní druhy, tito jedinci jsou přenašeči račího moru. *Faxonius limosus* se vyskytuje na určitých lokalitách spolu s původními druhy, ale zpravidla je vlivem větší konkurenceschopnosti, a právě již zmiňovaného přenosu račího moru vypudí (Souty-Grosset et al. 2006).

Do České republiky se rak pruhovaný nejspíše dostal přirozenou migrací proti proudu Labe z Německa. V roce 1988 byl poprvé odchycen u Ústí nad Labem (Hajer 1989). Díky řece Labe se tak mohl rak pruhovaný rozšiřovat dál proti proudu. V dnešní době raky najdeme v podstatě od Hřenska po Jaroměř a také v několika labských přítocích (Vltava, Cidlina, Ohři, Metuje) (Filipová et al., 2006b, Petrušek et al., 2006).



Obr. 7 Rak pruhovaný *Faxonius limosus*



Obr. 8 Rak signální *Pacifastacus leniusculus*

1.3.2.2 Rak signální *Pacifastacus leniusculus*

Rak signální osidluje velmi širokou škálu biotopů, jako například řeky, jezera i potoky. Tento druh raků je schopný obývat poloslané vody. U nás v přírodě ho můžeme objevit v potocích, v rybnících, a velmi často buduje nory. Rak signální je relativně citlivý na obsah kyslíku ve vodě, tak i na její znečištění, ale snáší i vyšší teploty vody (kolem 30 °C). Samečci tohoto druhu mají délku těla až 16 cm a samičky jsou poněkud menší, dosahují délky 12 cm. Klepeta jedinců mají hladký povrch. Klepeta jsou robustní s velmi

výraznou bílou někdy až namodralou tzv. signální skvrnou. Někdy se může stát, že skvrna není zřetelná. Klepeta mají ze spodní strany sytě červenou barvu. Za očima najdeme dva páry postorbitálních lišt. Záměnným druhem je rak říční, ten má ale oproti raku signálnímu drsný povrch klepet a také u něj nenajdeme světlou skvrnu u kloubu prstů klepet. V norách, které jsou vlhké vydrží i dlouho bez vody. Tento druh se dožívá okolo 20 let.

V 80. letech byl dovezen do České republiky ze Švédska a byl zde vysazen do několika rybníků. V dnešní době známe několik lokalit jak z Moravy, tak i z jižních Čech. Rak signální je dlouhověký a dožívá se až 20 let. (Kozák et al., 2014, Pöckl et al., 2006, Štambergová et al., 2009). Kvůli únikům z chovných zařízení a samovolnému šíření se rak signální dostal do Belgie, Rakouska, České republiky, Anglie, Dánska, Finska, Francie, Německa, Řecka, Skotska, Slovenska, Španělska Maďarska, Itálie, Kaliningradu (Rusko), Lotyšska, Litvy, Lucemburska, Nizozemska, Polska, Portugalska, Švýcarska a Walesu (Holdich et al. 2009).

1.3.2.3 Rak mramorovaný *Procambarus virginalis*



Obr. 6 Rak mramorovaný *Procambarus virginalis*

Nápadné mramorování je charakteristickým znakem, jak tomu i jméno tohoto druhu napovídá. Raci jsou schopni přebývat v tekoucích i stojatých vodách. U nás je tento druh velmi populární mezi akvaristy díky svému jedinečnému mramorovanému zbarvení, a také rychlému rozmnožování. Rak mramorovaný patří mezi krátkověké nepůvodní druhy, dožívá se přibližně jen tří až čtyř let. Jde o drobnější druh raků, který se rozmnožuje partenogeneticky, to znamená bez přítomnosti samců. Rak mramorovaný se využívá v laboratořích jako modelový organismus (Svobodová et al., 2020). V roce 2015 byl rak mramorový prvně zaznamenán na našem území. O rok později byl nalezen v

Radovesické výsypce nedaleko Bíliny v severních Čechách (Patoka et al., 2016). Raci byli na obě lokality s největší pravděpodobností vypuštěni místními akvaristy. V nadcházejícím roce, a to v roce 2019 byl druh raka mramorového zachycen v oblasti spravované Severočeskými doly, a. s., nedaleko Bíliny. V roce 2020 byla objevena celkem početná populace v Dolních Chabrech. Jak bylo uvedeno výše i v těchto případech se nejspíše jedná o záměrné vypuštění (Anonymus 2019).

1.3.2.4 Rak červený *Procambarus clarkii*

Rak červený zatím není znám z volné přírody, ale předpokládá se, že se časem objeví v naší přírodě. Tento druh je krátkověký, dožívá se přibližně 4 let, ale ve volné přírodě se dožívá pouze 12–18 měsíců. Rak červený žije na nejrůznějších typech biotopů, například ho najdeme v řekách, přehradách, v bažinách, pomalu tekoucích vodách, či v zavlažovacích systémech. Raci jsou velmi adaptabilní a jsou odolní vzhledem k nejrůznějším vlivům prostředí. U nás tento druh zatím není znám z volné přírody, ale mezi akvaristy je velmi oblíbeným druhem, a tudíž i hrozí, že může být nezodpovědně vysazen do přírody. Nelze tedy s jistotou říct, že neexistují populace ve volné přírodě převážně v okolí velkých měst. Existence tohoto druhu způsobuje jak již dříve zmíněný račí mor, tak i mnohem více problémů, jako jsou škody v zemědělství na rýžových polích, likvidace vegetace atd (Souty – Grosset et al., 2006).



Obr. 10 Rak červený *Procambarus clarkii*

1.3.2.5 Šíření invazivních druhů raků

Šíření invazivních druhů raků můžeme rozdělit na: šíření raků člověkem a na přirozené šíření raků. Do šíření raků člověkem zahrneme: záměrné vysazování raků a nechtěné šíření raků. Mezi záměrné šíření zahrneme plošné vysazování raků, vysazování do zahradních jezírek, vysazování do volné přírody, vysazování do zatopených lomů a

záměrné vysazování rybáři. A do nechtěného šíření raků zařadíme šíření v rámci převozu rybích násad, aktivní šíření v rámci záchranných přenosů, šíření v rámci zprůchodňování toků a záměna za autochtonní druhy. Do přirozeného šíření raků řadíme aktivní šíření raků a pasivní šíření raků (Svobodová et al., 2020).

Aktivní šíření raků souvisí s jejich migrační schopností, která se řadí mezi základní životní projevy (hledání nových úkrytů potravní migrace apod.). Rychlost i intenzita migrace je závislá na velké řadě faktorů. Mezi faktory patří hustota populace, nabídka potravy, stanovištní podmínky, vnitrodruhová i mezidruhová kompetice, predační tlak. Dále závisí na samotných migračních schopnostech daných druhů (Bubb et al., 2004, 2005, 2006a).

1.3.3 RACI V ČR

V současnosti na našem území je doložen výskyt 6 druhů raků (Kouba et al., 2014, Kozák et al., 2014, Patoka et al., 2016). Do původních druhů raků řadíme pouze tři druhy raků. Na našem území v České republice jsou původní: rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schränk, 1803) a rak říční *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758). *Austropotamobius torrentium* je zaznamenaný v dnešní době ve 20 evropských státech (Kouba et al., 2014). Revizi výskytu raka kamenáče provedl Kozák et al., (2002), zjistil, že tento druh se vyskytuje na našem území pouze na čtyřech lokalitách. Fischer et al., (2004a) v průběhu následujících let zaznamenal výskyt raka kamenáče i na dalších tocích například i v Brdech. Fischer a Vlach (2018) zjistili přítomnost raka kamenáče v CHKO Brdy na 15 profilech, například na Skořickém potoce, Padrťském potoce, Vlčím potoce, Tisém potoce, na Mítovském potoce atd. Rak říční byl nalezen pouze na třech profilech, a to na Ohrazenickém potoce, Tisém potoce a na Obecnickém potoce.

V posledních letech dochází k poklesu početnosti raka kamenáče především v horní části Bradavy na Bílém potoce, také na Skořickém potoce a na Mešenském potoce. S problémy spojené se suchem se bohužel dotýká z celé řady račí populace na celém našem území ČR (Svobodová et al. 2016).

Legislativa je velmi důležitým nástrojem k obstarání ochrany původních druhů raků. Nestačí pouze právní předpisy, ochrana by měla být rozšířena o další důležité nástroje jako je především osvěta mezi širokou veřejností, která by poukázala, jak je dodržování

předpisů důležité. Ochrana před nechtěným rozšířením invazních druhů je tedy levnějším a účinnějším řešením než poté následné úsilí o likvidaci (Svobodová et al., 2010).

Ochrana raků je po právní ochraně zajištěna prostřednictvím směrnice Rady č. 92/43/EHS, směrnice o ochraně přírodních stanovišť. V této směrnici je rak kamenáč i rak bělonohý zařazeni mezi druhy živočichů, které potřebují zvláštní územní ochranu.

V seznamu pro zvláště chráněné druhy 92/43/EHS najdeme raka kamenáče a raka říčního označeny jako kriticky ohrožené (Svobodová et al., 2010).

Dalším druhem, který najdeme na našem území je rak bahenní *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). Rak bahenní byl stejně jako v ČR, i na celé řadě míst v Evropě čteně vysazován, aby vystřídal vyhynulé raky říční po velké vlně račího moru na rozhraní 19. a 20. století. V dnešní době se na našem území rak bahenní vyskytuje v desítkách. Raci osidlují obzvláště bezodtoké oblasti (pískovny, bývalé lomy, rybníky). Ukazuje se, že tento druh je tolerantnější ke znečištění vodního prostředí než rak říční a rak kamenáč (Štambergová et al., 2009).



Obr. 11 Přehled výskytu druhů žijících na území ČR

Na našem území se vyskytují kromě původních raků také tři severoamerické druhy invazních raků. Prvním nepůvodním druhem je rak pruhovaný *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817), který je u nás od 80. let 20. století a dostal se k nám z Německa a (Hajer 1989). Druhým druhem je rak mramorovaný *Procambarus virginalis* (Lyko, 2017), který byl u nás zjištěn poměrně nedávno, a to v roce 2015 a to hned na dvou lokalitách (Patoka et al., 2016). Posledním druhem je rak signální *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852), který byl také na našem území vysazen v 80. letech 20. století (Štambergová et al., 2009).

1.4 RAK KAMENÁČ *AUSTROPOTAMOBIVUS TORRENTIVM*

1.4.1 STAVBA TĚLA

Tělo raka je možné rozčlenit na tyto části: **hlavohrud'** (*cephalothorax*) a **zadeček** (*abdomen*). Na hlavohrudí je tvrdý štít (*carapax*), který vybíhá ve špičatý výběžek označovaný jako rostrum. Tvar rostra a přítomnost výrůstků jsou druhově specifické.

Hlavohrud' raka kamenáče je takřka hladká a jen nepatrně zrnitá, nejdeme u toho druhu žádné větší trny nebo výčnělky. Za očima najdeme pouze jediný pár postorbitálních lišt. K dalšímu typickému znaku patří pilovitý vzhled ventrálního okraje antenální šupiny. Těla raků jsou měkká, a proto jsou kryta pevným krunýřem. Rostrum je u raka kamenáče krátké, mnohdy tupé a u majoritní většiny jedinců připomíná svým vzhledem tvar rovnostranného trojúhelníka. Báze rostra je širší a špička kratší než u raka říčního. Raci mají krunýř především k ochraně a také k opoře a pro úpony svalů. Krunýř je zpevněn uhličitanem a fosforečnanem vápenatým. Raci svůj krunýř v průběhu života svlékají, ztráta krunýře je řízena hormonálně. Krunýř, který je vzniklý nově bývá po nějaký čas měkký, díky tomu jedinec může růst, nevýhodou je, že v tento čas je rak velmi zranitelný. Tělo raků má velmi dobrou regeneraci, do které řadíme i dorůstání končetin (Štambergová et al., 2009, Kozák et al., 2014).

Raci mají na stranách složené oči na stopkách, poté následují jeden pár postorbitální lišty. Zadeček mají tvořen ze sedmi pohyblivě spojených článků. Poslední článek na zadečku se jmenuje telson. Na hlavohrudí najdeme krátká tykadla 1. páru (*antenuly*) a *antenuly* tykadla 2. páru, které se ujímají hmatové funkce. Na hrudní části najdeme pět párů končetin (*pereopody*). První pár představují mohutná klepeta, zbylé páry označíme jako kráčivé končetiny (Štambergová et al., 2009).

1.4.2 ROZLIŠOVACÍ ZNAKY

Samci raka kamenáče dorůstají do velikosti 8–10 cm (Štambergová et al., 2009). Kozák et al., (2014) udává maximální velikost jedinců až 12 cm. Rak kamenáč je považován za nejpomaleji rostoucího a také za nejmenšího původního druhu. Jeho hmotnost dosahuje okolo 55 g při jeho délce 10–12 cm. Zbarvení raků kamenáčů je různé,

svrchní strana těla bývá v několika barvách, a to například v hnědé, béžové a šedozelené barvě, spodní strana těla bývá o něco světlejší (Kozák et al., 2014).



Obr. 12 Schéma hlavohrudi a postorbitálních lišt

Karapax je hladký bez trnů. Charakteristickým znakem tohoto druhu je existence jen jednoho páru postorbitálních lišt. Rostrum mají krátké, špička rostra připomíná trojúhelník. Klepeta bývají poměrně robustní a velká. Klepeta jedinců raků kamenáčů nedorůstají takové velké velikosti jako u *Astacus astacus*. Samice raků kamenáčů mívají zpravidla menší, drobnější klepeta než samci. (Kozák et al., 2014).



Obr. 13 Rak kamenáč na
Skořickém potoce



Obr. 14 Rak kamenáč na
Skořickém potoce

1.4.3 ROZŠÍŘENÍ RAKA KAMENÁČE V EVROPĚ

Rak kamenáč patří do původní evropské fauny. Centrum jeho rozšíření je JV a ve střední Evropě. Ve střední Evropě se vyskytuje zejména v České republice, Polsku a v Německu

(Souty-Grosset et al., 2006, Marianová 2013). Na těchto územích jsou račí populace vázány zejména k povodím velkých řek jako je Dunaj a Labe. Ve výzkumu v roce 2008 od Martin et. al. objevili nejsevernější umístěnou oblast, kde se vyskytuje rak kamenáč, a to v Sasku (Německo). Západní hranice rozšíření se rozkládá až do Francie a Lucemburska (Souty-Grosset et al., 2006). Na jihu Evropy tvoří hranici Jaderské moře, Alpy a Skadarské jezero. Východní hranice – území západní část Rumunska a Bulharska uzavírá oblast rozšíření (Souty-Grosset et al., 2006, Štambergová et al., 2009, Kozák et al., 2014).

1.4.4 ROZŠÍŘENÍ RAKA KAMENÁČE V ČESKÉ REPUBLICE

Centrum naleziště raka kamenáče se nalézá ve Středočeském a Plzeňském kraji. Výzkum, který probíhal v letech 2007–2009 uvádí výskyt jedinců raka z povodí řek: Úhlava (Kbelský a Příchovický potok), Chocenický, Podhrázský, Hrádecký, Božkovský potok, Bojovka, Radbuza a její přítok Zubřina, Úslava (Přešínský, Kornatický, Mítovský, Milínovský, Mítovský levostranný přítok a Bradava), Berounka (Bertínský potok), Klabava (Příkosický, Skořický s pravostranným přítokem, Chýlava, Tisý, Hůrecký, Holoubkovský Rakovský potok a Skořický). V kraji Plzeňském se objevují též dvě populace račí na Medvědímu potoku a na druhém území na Novosedlecký potoku s levostranným přítokem (Vlach et al., 2009b). Výskyt raků byl také zjištěn ve Středočeské kraji, kde se vyskytuje na čtyřech povodí řek. A to na povodí řeky Berounky (Vlach et al., 2009b). Výskyt raka kamenáče byl zjištěn na 15 profilech a 7 potocích a také na jejich menších přítocích. Zjištěná data exaktně korespondují se stávajícími znalostmi o výskytu a rozšíření tohoto druhu raky v České republice. V průběhu tohoto mapování se nezjistila žádná nová území, kde by se tento druh nacházel (Fischer et al., 2018).

1.4.5 HABITAT

Na území České republiky byl při provedeném výzkumu diagnostikován výskyt raka kamenáče spolu s dalšími druhy raků, kteří u nás žijí. Výskyt raka kamenáče s druhým původním druhem rakem říčním *Astacus astacus* na stejné areálu je doložen minimálně na 9 tocích. A to na Bradavě, Zubřině, Chocenickém, Příkosickém, Bzovském, Zákolánském, Mítovském a Stroupínském potoce. Naleziště veškerých původních druhů (raka bahenního, raka kamenáče a raka říčního) je doložen z Padrt'skového potoka (Vlach et al., 2009b). Raci se nacházejí

na úsecích menších toků. Rak kamenáč upřednostňuje přirozené nijak neregulované toky, které mohou být rovné i mít i meandrující části. Vlach et al., (2009b) zaznamenal výskyt raků kamenáčů i na regulovaných tocích. Například jde o tyto lokality: Mítovský potok, Bradava a Příchovický potok. Substrát, který obývají raci kamenáči je velmi variabilní (Pöckl 1999, Renz & Breithaupt, 2000). Další autoři se však shodují, že *Austropotamobius torrentium* má raději substrát, který je hrubší tvořený kamenitým a šterkovitým podkladem (Fischer et al., 2004, Machino & Füreder 2005, Vlach et al., 2009a). Jsou však i nálezy raků kamenáčů na potocích s písčitým nebo také s bahnitým dnem, například Božkovský a Rakovský potok (Vlach et al., 2009b). Velmi významným faktorem je velké množství balvanů, kamenů nejrůznějších velikostí, které raci využívají jako úkryty. Rak kamenáč kromě kamenů také rád využívá kořenové systému vegetace, která se nahází při březích. Dále také můžeme pozorovat hloubení nor do bahnitých břehů, jako tomu je na Chocenicém, Rakovské a Zákolanském potoce (Mourek et al., 2006, Vlach et al., 2009a). Velké množství již umíněných jakýkoliv úkrytů umožňuje račí populaci se skrýt před predátory a také se uchránit při velmi silném proudu. Z úkrytu vychází až v noci, kdy vyhledává potravu. (Streissl & Hödl 2002).

1.4.6 POTRAVA

Raky označujeme za omnivory, to znamená, že se živí jak živočišnou, tak i rostlinnou stravou. Najdeme také označení detritivoři (rozkladači, konzument odumřelé hmoty, obvykle rostlinného původu) nebo predátoři (Goddard, 1988). Ve vodních ekosystémech má velmi důležitou roli. Raka kamenáče lze označit za predátora tak i za konzumenta. V pozici konzumenta, predátora nepatrných malých živočichů. Rak kamenáč patří také do jídelníčku jiných živočichů (Kozák et al., 2014). Gherardi (2006) a Scalici a Gibertini (2007) označují rak kamenáče jako oportunisty a generalisty.

Trávicí ústrojí se u raků příliš neliší od ostatních korýšů. Výběr potravy se liší v průběhu let raka, také podle fyziologického stavu a od ročního období. Odlišný způsob příjmu potravy v průběhu vývoje života má za následek modifikace ústní dutiny. Mladí jedinci raků kamenáčů získávají potravu filtrováním nepatrných částíček, především se jedná o bezobratlé živočichy a vodní řasy. Juvenilní rácci upřednostňují ve svém vývoji spíše živočišnou stravu. Adultní jedinci naopak spíše preferují detrit a vodní vegetaci

(například mor kanadský, parožnatka či růžkatec) (Goddard, 1988). Pro tuto formu postavy je jejich ústní dutina uzpůsobená k drcení. D'Abramo a Robinson (1989) uvádí, že růst raků je velmi ovlivněn konzumací organického detritu, které vzniká mimo jiné rozkladem rostlin. Dochází jak k pozření organických zbytků, tak i pozření drobných živočichů, kteří se nacházejí u dna, jako jsou prvoci, hmyz, měkkýši či bakterie. Právě tyto organismy jsou pro raky zdrojem nezbytných živin. Tím mohou být kupříkladu aminokyseliny anebo cholesterol.

Renz a Breithaupt (2002) se ve svém výzkumu zabývali stravou raků během ročních období. Autoři uvádí ve svém výzkumu na raku kamenáči, že právě rostlinná strava dominuje převážně v chladnějších obdobích – jaro. Z toho tedy vyplývá, že živočišná strava dominuje převážně v létě. Podle autorů si raci po skončené zimě potřebují zpět doplnit minerály a živiny. V letních obdobích dominuje živočišná strava, která u raků kamenáčů představuje převážně tyto zástupce: plži, slávička mnohotvárná, larvy hmyzu, drobné ryby, pijavice a ploštěnce. Hlavním zdrojem živočišné stravy na jaře, autor uvádí blešivce obecného. Naproti tomu ze stravy rostlinné byly preferovány listy a schránky chrostíků (Renz et al., 2000).

1.4.7 PREDÁTOŘI

Rak kamenáč je ohrožován nejrůznějšími predátory ve svém přirozeném klimatu. Rak kamenáč se stává kořistí pstruha potočního *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758) a také zástupců lososovitých ryb. Podle dalších studií Fischera et al., (2009) a Kozáka et al., (2014) dalšími predátory raků jsou lasicovité šelmy (vydra říční *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758)) nebo norek americký *Mustela vison* (Schreber, 1777). Další autoři zmiňují také mývala severského *Procyon lotor* (Linnaeus, 1758) a lišku obecnou *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758). Také ptáci jsou predátory raka kamenáče, ptáci, kteří loví v blízkosti vodních toků. Jako zástupce ptáků uvádějí autoři ledňáčka říčního *Alcedo atthis* (Linnaeus, 1758) a volavku popelavou *Ardea cinerea* (Linnaeus, 1758) (Štambergová et al., 2009, Kozák et al., 2014).

1.4.8 ROZMNOŽOVÁNÍ

U raků kamenáčů existuje pohlavní dimorfismus (pohlavní dvoutvárnost). Jedinci raků kamenáčů pohlavně dospívají okolo třetího roku. K reprodukci dochází v podzimních měsících (od října do listopadu). Jedinci, kteří jsou připraveni k reprodukci, zvyšují svou aktivitu a vydávají se vyhledat svého vhodného partnera. Reprodukční chování ovlivňuje mnoho faktorů, jako je například teplota vody, fotoperioda, feromony a hormonální řízení feromony (Kozák et al., 2014). Samci v době páření přicházejí do přímého kontaktu se samicemi pomocí klepet a tykadel. Samci mají za úkol přetočit samice na hřbet (karapax) pomocí klepet. Poté dochází k tomu, že samci vytlačí zralé spermatofory, které přilepí do oblasti blízko pohlavních cest (Štambergová et al., 2009, Kozák et al., 2014). Po skončení procesu páření nastává další fáze, a to kladení vajíček. Samice musí vytvořit dutinu pro vajíčka tím, že ohýbá zadeček pod hlavohrud' (karapax). V průběhu páření dochází k dozrávání světlých bílkovinných žláz na spodní straně abdomenu samice. Bílkovinnové žlázy vytváří sekret, který postupně narušuje stěnu spermatoforů. Ze spermatoforů dochází k uvolnění nepohyblivých spermií. Dojde k tomu, že samice se otočí na karapax a pohlavními vývody dojde k vytlačení vajíčka na 3. páru pereopodů. Poté dojde ke splynutí vajíček se slizovitým obsahem na spodní straně zadečku. Jde o vnější oplození. O své vajíčka samice pečují až do následujícího jara. Samice chrání svá vajíčka před predátory, proto je nosí na pleopodech a tím je chrání (Štambergová et al., 2009).

V jarních měsících je dokončen vývoj vajíček a následuje další fáze, a to líhnutí juvenilních ráčků. U raků se jedná o vývoj přím, protože zde není larvální stádium. Doba líhnutí juvenilních raků je ovlivněna hned několika faktory, zeměpisnou šířkou a nadmořskou výškou, a především teplotou vody (Štambergová et al., 2009). Dle Souty-Grosset et al., (2006) se potomstvo raka kamenáče líhne od května přibližně do poloviny července. Vylíhnutí jedinci jsou připojeni pomocí stopky k pleopodům samice. Malí ráčci jsou zpočátku nepohybliví a vyživováni ze žloutkového vajíčka. Mláďata jsou se samicí spojená do druhého vývojového stádia, kdy jsou schopni sami přijímat potravu a pohybovat se. Malí jedinci se mnohokrát do konce roku svlékají. Počet a frekvence svlékání i rychlost růstu jedinců závisí na

mnoha podnětech, například na teplotě, potravě, chemickém složení vody a na délce denního světla.

Od velikosti samice se odvíjí počet vajíček v jedné snůšce. Snůšky se obecně pohybují v rozmezí od 40–100 vajíček (Štambergová et al., 2009).

1.4.9 PŘÍČINY OHROŽENÍ

Raci kamenáči jsou ohrožováni velkým množstvím faktorů. V dnešní době bohužel dochází k úbytku přirozených biotopů, velmi často je to způsobené lidskou činností. K nejvážnějším faktorům řadíme znečištění toků (Füreder et al., 2003, Štambergová et al., 2009). Výzkumy z posledních let napovídají, že rak kamenáč se stal více odolný k některým typům organického znečištění (Svobodová et al., 2012). Mezi další příčiny ohrožení zahrnujeme nevhodnou úpravu vodních toků. Vznik regulovaných toků, kde chybí přirozené meandry. Dna koryt bývají nevhodně upravena a pokryta bahnitým či jílovitým substrátem, a naopak na dně koryt mnohdy nenajdeme kameny či oblázky, které pro raky představují důležité úkryty (Štambergová et al., 2009, Svobodová et al., 2012).

V letech 2003 a 2015 můžeme viditelně pozorovat poklesy hladiny řek způsobené díky extrémně teplému počasí. Vysychání toků má závažné dopady na přežití vodních organismů. Vysychající toky ohrožují jak ryby, tak i kriticky ohrožené druhy raků. Celá řada faktorů se podílí na vysychání lokalit. Hlavní význam má změna klimatu (nerovnoměrná distribuce srážek). Mezi další faktor patří hospodaření se srážkovou vodou. Hlavním úkolem hospodaření se srážkovou vodou je zabránit rychlému odtoku, jde tedy o snahu zadržet vodu v krajině. Bohužel na několika místech jsou celé plochy vybetonovány nebo vyasfaltovány a tím dešťová voda rychle odteče kanalizačními svody. Mezi další faktor řadíme špatné hospodaření s vodou, která ve vodních tocích zůstává. Toky v blízkosti obydlí se využívají především na zalévání trávníků, zahrad nebo na získání vody do bazénu.

Hladiny vodních toků při dlouhotrvajícím suchu pořád klesají, tím důsledkem stoupá teplota vody, a to způsobí zhoršení jakosti. V důsledku zvyšující se teploty

a vyšším znečištěním klesá obsah kyslíku, který je potřebný pro život vodních organismů.

V literatuře od Svobodové et al., (2016) se můžeme dočíst, že v roce 2015 došlo k velkým záchranným akcím raků na velkém množství lokalit například na Janovském potoce, na říčce Brzina, na potoce Krasovka. Na řece Třebovce v České Třebové došlo k největšímu úhynu a to asi 300 kg ryb a raků.

Dalším velkým nebezpečím pro raky kamenáče, jak již bylo zmíněno dříve, je račí mor. Pro původní evropské je račí mor smrtelné onemocnění. Račí mor způsobuje parazit *Aphanomyces astaci* (Oomycetes), tato infekce je přenášena raky pocházejícími ze Severní Ameriky. V druhé polovině 19. a 20. století račí mor vyhubil velké množství populací původních druhů raků v Evropě. Jak již víme patogen způsobující toho onemocnění je *Aphanomyces astaci* (aphano – z řečtiny skrytý, neviditelný; myces – houba; česky se druh nazývá hnileček račí; Cejp, 1959) zařazený do říše Chromista, oddělení Oomycota, třídy Oomycetes.

Do posud nebyl nalezen žádný možný způsob léčby postižených jedinců a ani možnosti zbavit přenašeče nákazy. V literatuře od Söderhäll et al. (1977) se uvádí, že k zabránění šíření patogenu nakažených raků lze použít elektrické bariéry. Také například fyzické bariéry jako jsou jezy, brání přesunům rakům a šíření nakažlivé nemoci.

Prevencí k přenosu moru je dezinfekce věcí, které mohly přijít do blízkého kontaktu s infikovanými zvířaty nebo vodou (Kozubíková et al., 2009).



Obr. 15 Raci v ČR

Pro ochranu našich raků vznikla mobilní aplikace. Mobilní aplikaci vyvinul Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. (VÚV). Aplikaci si tedy může stáhnout každý zájemce s mobilním systémem Android. Aplikace slouží k pořízení záznamů pozorování raků, ale také slouží jako klíč k určování druhů. Jsou zde také informace o ochraně raka kamenáče a raka říčního, kteří jsou bezprostředně ohroženi račím morem. Každý uživatel tedy může pomoci s jejich ochranou prostřednictvím zasláním hlášení o jejich výskytu a také s informacemi o výskytu račího moru. Informace jsou poté předána do Nálezové databáze ochrany přírody AOPK ČR. Hlášení výskytů raků VÚV zveřejní na svých internetových stránkách

(<https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/raci2017/default.asp>).

Potočnice *Branchiobdellida*

Potočnice *Branchiobdellida* patří mezi kroužkovce (*Annelida*) žijící na těle jedinců (Holt 1965). Po napadeném jedinci se přemísťují „píd'alkovitým“ pohybem za pomoci ústní zadečkové přísavky (Meike 1999, Kozák et al., 2015). Takto rakovi neškodí dokonce i prospívají, například spásají nárosty z žáber bránící v dýchání (Lee et al., 2009). Určité druhy potočnic jsou parazitické (Grabda and Wierzbicka 1969). Velikost těla se mění v závislosti na druhu, nejčastěji jejich délka nepřekračuje 12 mm (Kozák et al., 2015). Tělo potočnic *Branchiobdellida* tvoří několik článků a není pigmentované. Počet článků se pohybuje v rozmezí mezi 15–17, 4 přední články mají přeměněny na hlavovou kapsulu. Na hlavové části nenajdeme oči. V hlavové kapsuli najdeme dva zuby, které jsou tvořeny z chitinu. Chitinozní zuby jsou důležitým determinačním znakem, abych mohli odlišit jednotlivé druhy potočnic od sebe navzájem. Jako ústní přísavka druhý článek může sloužit. Tělo potočnice *Branchiobdellida* začíná tedy pátým článkem a tvoří 10–12 článků. Poslední článek je ukončen terčovitou přísavkou. Přísavku potočnice používají k přichycení k povrchu krunýře raka (Nesemann, 1994). U nás v České republice bylo zjištěno pět druhů potočnic. A to *Branchiobdella parasita*, *Branchiobdella hexadonta*, *Branchiobdella astaci*, *Branchiobdella balcanica* a *Branchiobdella pentadonta* (Bádr, 2002; Ďuriš et al., 2006; Vlach et al., 2017).

1.5 LEGISLATIVA A OCHRANA RAKŮ

Na území České republiky jsou dva druhy raků na Červeném seznamu ohrožených druhů. Kriticky ohrožený *critically endangered* (CR) je rak kamenáč, ohrožený druh (VU) je rak říční. IUCN (Union for Conservation of Nature Resources) – mezinárodní organizace Světový svaz ochrany přírody zveřejňuje seznam nejohroženějších organismů. Mezinárodní Červený seznam ohrožených druhů (IUCN 2009) zahrnuje oba tyto druhy jako zranitelné druhy (Štambergová et al., 2009). V Bernské úmluvě (Bern, 1979) najdeme také raka kamenáče. V úmluvě o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats) nalezneme ve III. kategorii jako chráněný druh živočichů raka kamenáče (Füreder et al., 2010).

1.6 MIGRACE

Výzkumy zabývající se migrací raků byly provedeny v Evropě i v Americe (Kerby et al., 2005, Moorhouse & MacDonald, 2011). Klíčové, pro pochopení určité populace v šíření do jiných oblastí, je znalost individuální pohybových vzorců daného druhu (Lockwood et al., 2005). Studie uvádějí, že velmi detailní znalost migrace (pohybové aktivity) a také znalost pohybových vzorců je důležitá. Tyto informace nám mohou posloužit k predikci šíření invazivních druhů. Informovanost o migraci jedinců slouží k ochraně i k prevenci původních druhů raků (Bubb et al., 2006a). Najdeme velké množství studií, které nám dokládají migrační aktivitou invazivních druhů. Například migrační aktivitou raka pruhovaného *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817) se ve výzkumech zacílilo mnoho autorů (Kozák et al., 2004, Buřič et al., 2009a, Buřič et al., 2009b, Hirsch et al., 2016). Na pohyb dalšího invazivního druhu raka signálního *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) se zaměřili další autoři (Bubb et al., 2004, 2005, 2006a, Hudina et al., 2011, Moorhouse & MacDonald 2011, Wutz & Geist 2013). Migrační schopnosti raka červeného *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) pozorovali autoři (Kerby et al., 2005, Gherardi et al., 2002,).

Schopnost migrace a aktivity u původních druhů nebyly doposud příliš prozkoumány. Na migrační schopnosti raka říčního *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) se zaměřilo velmi mnoho autorů (Bohl 1999, Schütze et al., 1999, Sint & Füreder 2004, Pöckl & Streissl 2005, Hudina et al., 2008, Kadlecová et al., 2012, Římalová & Bílý, 2013). Naopak migrační aktivita raka kamenáče *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) byla zkoumána jen v malém množství studiích (Pöckl & Streissl 2005, Kadlecová et al., 2012, Římalová & Bílý 2013). O schopnosti migrace tohoto druhu jsem se zaměřila i ve své předchozí bakalářské práci, z výzkumů tedy vyplývá, že raci se zdržují v okolí svých úkrytů. Jak uvádějí autoři (Pöckl & Streissl 2005, Kadlecová et al., 2012) rak kamenáč urazí během dne jen několik metrů. Do této doby nejdelší zaznamenaná aktivita raka kamenáče činí 133 metrů (Kadlecová et al., 2012, Římalová & Bílý, 2013).

Daněk (2019) se zabýval ve svém výzkumu rakem říčním (*Astacus astacus*). Sledoval dospělé jedince i pohybové vzorce mláďat během 24 h cyklu. Studii prováděl v létě, mimo období reprodukce. Autor uvádí, že mláďata se pohybovala na delší vzdálenost než dospělí jedinci raků. Nejdelší zaznamenanou vzdálenost, kterou rak urazil během tříhodinového intervalu byla 110 m, proti proudu. Daněk uvádí, že dospělí jedinci se nejčastěji pohybovali za soumraku, a tedy méně během dne (Daněk et al., 2019). Uvádí se, že jak rak říční, tak i rak kamenáč nejčastěji migrují proti proudu. Migrační aktivita u těchto druhů je nejvyšší za svítání (Daněk et al., 2018).

Pohybová aktivita u raků je zapříčiněna několika faktory. K nejdůležitějším faktorům lze zařadit potravní nabídku, reprodukci, svlékání, hledání vhodných úkrytů, reakce na abiotické změny prostředí a v poslední řadě velmi důležitý faktor predaci (Webb & Richardson, 2004). Mezi pozorované jevy řadíme i směr pohybu/migrace (po proudu, proti proudu) (Římalová & Bílý, 2013, Kadlecová et al., 2012), dále rychlost šíření, závislost pohlaví a závislost velikosti (Bubb et. al, 2004, Bubb et al., 2006a, (Wutz & Geist 2013). Autoři (Gherardi et al., 2000, Bubb et al., 2004, Buřič et al., 2009a) se zabývají rozdíly v sezonní aktivitě a sledováním aktivity během dne a noci. Další autoři se zabývají behaviorální teorií „ephemeral home range“. Po získání vhodného úkrytu, kde se v blízkosti nachází dostatečné množství potravy, setrvávají jedinci raků na takovém místě i několik dnů. V průběhu této doby čerpají energii a dochází tak i ke snížení jejich aktivity. Poté opět zase migrují do lokalit, kde se nachází bohaté potravní zdroje (Robinson et al. 2000; Gherardi et al. 1998; Hirsch et. al. 2016).

2 CÍLE PRÁCE

Hlavní cíl práce:

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

Dílčí cíle práce:

- Porovnání délkové struktury raků na jednotlivých tocích.
- Vyhodnocení pohlavní struktury raků na jednotlivých tocích.
- Vyhodnocení existujících rozdílů v migraci raka kamenáče mezi zvolenými lokalitami.
- Vyhodnocení existujících rozdílů délkové struktury na pohybech raků
- Vyhodnocení existujících rozdílů mezi pohlavími na migraci jedinců v předem vybraných tocích.

3 METODIKA

Tento výzkum byl realizován na začátku září roku 2021. Terénní práce probíhaly v 6 dnech během měsíce září v Plzeňském kraji. S výzkumem mi pomáhala kolegyně Hlavatá a pan doktor Vlach. Data do studie byla získána ze tří lokalit, které byly předem vybrané. První lokalita byl Mítovský potok, který se nachází v blízkosti obce Nové Mitrovce. Druhou zvolenou lokalitou byl Přešínský potok, který se nachází nedaleko obce Louňová. A poslední zvolená lokalita byl potok Kornatický, který se nachází v blízkosti obce Kornatice. Pro odlov raků byla zvolena metoda ručního odlovu.

3.1 DESIGN EXPERIMENTU

Výzkumné území byl předem vhodně zvolený úsek vybrané lokality o délce 20–25 metrů. Zvolené území bylo vyměřené měřicím pásmem. Na celém úseku byly zvolenou metodou ručního odlovu propátrány všechny přítomné úkryty raků. Mezi nejčastější úkryty patřily kameny nejrůznějších velikostí. Ruční metodou byli odloveni veškerí raci, kteří se na daném úseku v danou dobu nacházeli. Odlovení jedinci byli opatrně vloženi do plastového kbelíku s vodou.

Následujícím krokem byl zaznamenat všechny potřebné informace o jedincích. Získaná data byla zaznamenána do předem vytvořených pracovních archů. Bylo zjišťováno pohlaví jedinců a velikost těla.

Dalším krokem bylo samotné značení raků pomocí metody Pollhammera (2014) se svítícími tyčinkami Lightstick MINI 4. Svítící tyčinky byly aplikovány pomocí lepidla. Dále bylo zaznamenáno pohlaví, velikost s přesností na desetiny milimetru a odlišnosti v podobě potočnic, v absenci klepet atd. Po zanesení všech potřebných informací do pracovního archu následovala aplikace GoPro kamer podél toku. Na potřebnou vzdálenost výzkumu byly zapotřebí 4 GoPro kamery, které byly rozmístěny po 5 metrech od sebe s powerbankami pro delší výdrž. GoPro kamery byly umístěny na speciální držák, který byl vytištěn na 3D tiskárně a byl připevněn na dřevěné latě. GoPro kamery zaznamenávaly snímek každou 1 minutu od setmění až po svítání. Díky tomu bylo možné identifikovat raky podle přidělené barvy Lightsticku MINI.

Po splnění předchozích kroků následovalo zpětné vložení raků do potoka na celém vyznačeném území. A spuštění všech 4 GoPro kamer.

3.2 ZNAČENÍ RAKŮ



Obr. 16 Lightstick MINI

Ve studii bylo použito značení pomocí svítících tyčinek Lightstick MINI (rozměr: 4,5 mm x 39 mm), které jsou velmi dobře dostupné, a snadno se s nimi manipuluje. Svítící tyčinky Lightstick MINI byly různé barvy (žluté, modré, červené, zelené). Svítící tyčinky se opatrně připevní na krunýř raka kamenáče pomocí běžného lepidla. Před aplikací lepidla muselo dojít k osušení místa aplikace, abychom předešli odlepení během výzkumu. Abychom snížili podráždění, které způsobuje přímé světlo z lightsticku, je přední část každé tyčinky začerněna lihovým fixem (obr. 16). Poté následovala aplikace zvolenou barvou.

Odlovení jedinci byli po označení vloženi zpět do vody. Výhodou tohoto značení je dobrá viditelnost během noci.



Obr. 17 Mítovský potok



Obr. 18 Rak kamenáč se značením

3.3 CHARAKTERISTIKA TOKŮ

3.3.1 MÍTOVSKÝ POTOK

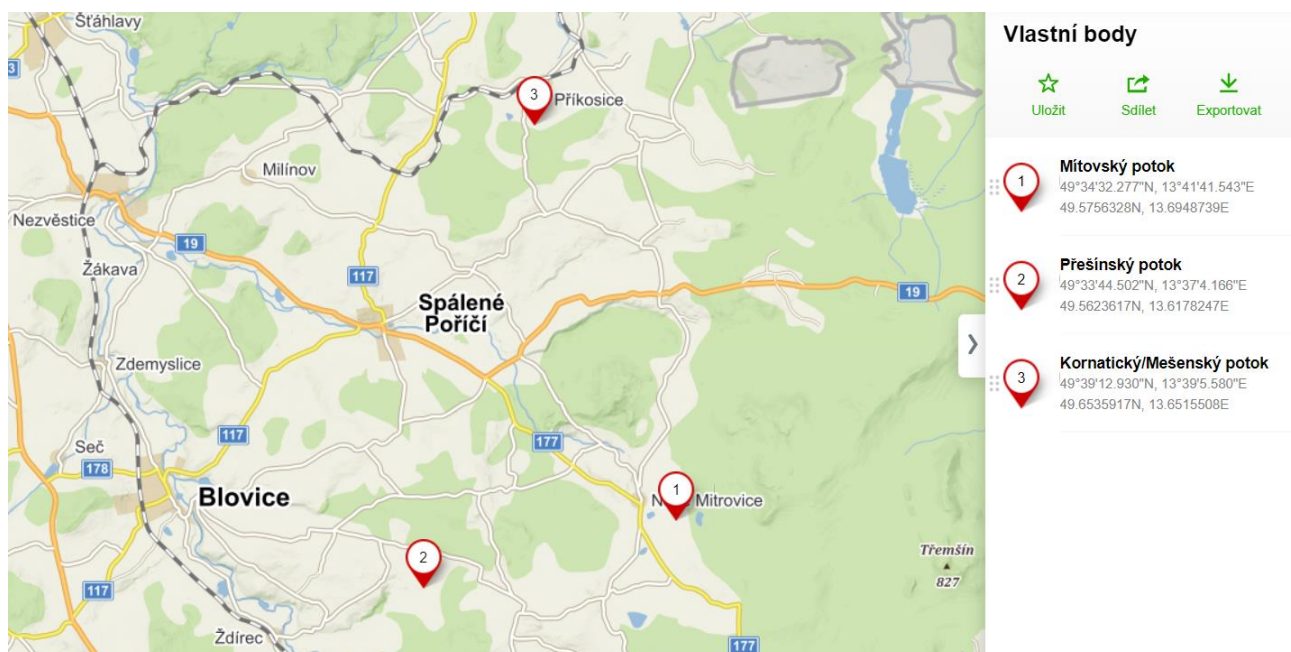
Potok Mítovský je levostranný přítok Bradavy v okrese Plzeň-jih v Plzeňském kraji. Délka toku je 9,3 km a plocha povodí je 32,5 km². Potok pramení v nadmořské výšce okolo 675 m. Souřadnice jsou 49°34'32.277" severní šířka a 13°41'41.543" výchovní délky.

3.3.2 PŘEŠÍNSKÝ POTOK

Přešínský potok se nachází vedle Louňové v Plzeňském kraji. Potok má délku 6,34 kilometru. Pramení v nadmořské výšce 604 m. Tato oblast je zapsaná do seznamu významných lokalit systému Natura 2000. Souřadnice jsou 49°33'44.502" severní šířky a 13°37'4.166" východní délky.

3.3.3 KORNATICKÝ POTOK

Kornatický potok je pravostranný přítok Úslavy v Plzeňském kraji. Potok má délku 17,8 kilometru a plocha povodí je 50,5 km². Pramení v nadmořské výšce okolo 675 m. Souřadnice jsou 49°39'12.930" severní šířka a 13°39'5.580" východní délky (Vlach et al., 2009).



Obr. 19 Vybrané lokality

4 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ DAT

Na zmíněných třech tocích byla následně vyhodnocena délková struktura populace raků. Pro každý tok byla vytvořena tabulka, do které se zaznamenávali základní popisné charakteristiky. Do tabulky byla zaznamenána délka těla jedince, pohlaví jedincům, a barva označení Lightsticku MINI. Pro každou zmíněnou lokalitu byla předem vytvořena tabulka, ve které byly základní informace o početném zastoupení jedinců na toku ve třech předem určených kategoriích. První kategorie zahrnovala jedince, které mají délku těla 5–6 cm, do druhé kategorie patřili jedinci s velikostí těla od 6,1 – 7 cm. A do poslední kategorie spadali jedinci raků s velikostí těla větší než 7,1 cm. Rozdíly v délkové struktuře, rozdíly v pohlaví jedinců mezi zvolenými lokalitami byly vyhodnoceny pomocí jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA).

Dalším zkoumaným faktorem byla plocha toku. Plochu toku jsme vypočítali pomocí softwaru Tracker – plocha toku byla převedena do kartézské soustavy souřadnice, kde osa y představovala šířku toku a osa x představovala délku toku, pomocí systému tracker byli zjišťovány souřadnice poloh raků v této soustavě souřadnic. Software Tracker © je program, který umožňuje analýzu pohybu bodů ve videích a následně umožňuje vyhodnocení.

V tabulkovém programu Microsoft Excel Office 2016 pomocí jednotlivých souřadnic bodů, které jsme získali se systémem, jsme vyhodnotili celkové délky migrací jednotlivých raků. Kvůli zkreslení kamer jsme použili přepočty, kdy vedle toku bylo nainstalované pásmo, vytrackerované souřadnice byly převedeny na skutečné souřadnice pomocí porovnávání kalibrační tyče a posléze jednotlivých měřených úseků. Pythagorova věta byla použita k výpočtu délky vektorů migrací ze souřadnic získané ze softwaru Tracker ©.

Dalším zkoumaným faktorem pro navrácení raků na původní místo sledovaného úseku a také na závislosti na pohlaví jsme použili χ^2 – kvadrát test (χ^2). Který je přístupný jako online verze na internetových stránkách www.quantpsy.org.

Za pomoci bodového grafu byla sestavena migrační mapa, které představují pohyby raků během noci.

Statistické testy byly realizovány na 5 % hladině významnosti.

5 VÝSLEDKY

V rámci této kapitoly bude popsána noční migrace raků na třech lokalitách, individuální délka migrace. Výsledky budou zanalyzovány pomocí přístupných programů a vytvořením migračních map a box ploty.

5.1 DÉLKOVÁ STRUKTURA NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH

Přešínský potok

Počet odchycených jedinců na Přešínském potoce a počet označených jedinců byl 10. Průměrná délka těla raků byla 68,3 mm. Maximální délka těla jedince byla 80,1 mm. Nejmenší naměřená velikost těla byla 57,4 mm.

Mítovský potok

Počet odchycených jedinců na tomto toku byl také 10 jedinců. Průměrná délka těla raků byla 56,7 mm. Maximální délka těla byla 66,1 mm. A nejmenší jedinec měřil 51,7 mm.

Kornatický potok

Zkoumaný vzorek raků kamenáčů na tomto toku činil 10 jedinců. Průměrná délka těla byla 63,6 mm. Maximální délka těla jedince byla 75,6 mm, nejmenší naměřená velikost těla byla 55,7 mm.

Tabulka 1 Popisné charakteristiky délkové struktura na Přešínském potoce

	Přešínský p.	Mítovský p.	Kornatický p.
Průměr (mm)	68,34	56,73	63,63
Max (mm)	80,1	66,1	75,6
Min (mm)	57,35	51,7	55,7

Tabulka 2 Zastoupení délkových kategorií

Délka těla (mm)	Přešínský p.	Mítovský p.	Kornatický p.
50–60	2	7	4
61–70	4	3	5
> 71	4	0	1

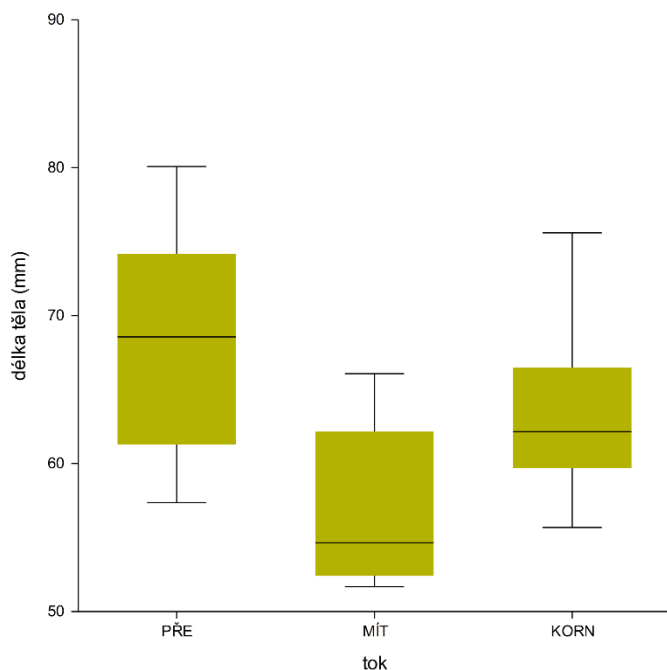
Z tabulky č. 2 lze vyčíst početní zastoupení velikostní kategorie na daném toku. Na Přešínském potoce dva zkoumaní jedinci spadají do kategorie velikosti těla od 50–60 mm, čtyři zkoumaní jedinci spadají do druhé kategorie 61–70 mm. A do poslední kategorie také spadají čtyři jedinci s velikostí těla větší než 71 mm.

Zastoupení velikostních kategorií na Mítovském potoce. Největší zastoupení zde má hned první kategorie, která zahrnuje hned 7 zkoumaných jedinců. Druhá kategorie od 61–70 mm zahrnuje pouze 3 jedince. A poslední kategorie nad 71 mm zde není zastoupena vůbec.

Velikostní zastoupení na Kornatickém potoku. Druhé největší zastoupení zkoumaných jedinců se nachází v první kategorii 50–60 mm, zde najdeme hned 4 zkoumané jedince. Nejpočetnější kategorií je tedy kategorie druhá 61–70 mm, a to pěti jedinci. Poslední kategorie nad 71 mm zahrnuje pouze jednoho jedince.

5.1.1 POROVNÁNÍ DÉLKOVÉ STRUKTURY TĚLA MEZI POTOKY

Průměrná délka těla jedinců na Přešínském potoce byla nejvyšší mezi dalšími zkoumanými a to 68,4 mm. Na Mítovský potoce byla průměrná délka těla jedinců 56,7 mm, tato hodnota je nejmenší mezi zkoumanými toky. Na Kornatickém potoce byla průměrná délka těla 63,6 mm. Tyto rozdíly jsou ale nad hranicí statistické významnosti (Kruskal-Wallis ANOVA, $H=4,65$, $P=0,10$).



Obr. 20 Box plot znázorňující délku těla

5.2 POHLAVNÍ STRUKTURA NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH

Přešínský potok

Na Přešínském potoce bylo odloveno celkem 10 jedinců. Z deseti jedinců bylo 6 samic a 4 samci viz tabulka číslo 3.

Mítovský potok

Na Mítovském potoce bylo také odloveno celkem 10 jedinců. Zde se nacházelo 6 samců a 4 samice.

Kornatický potok

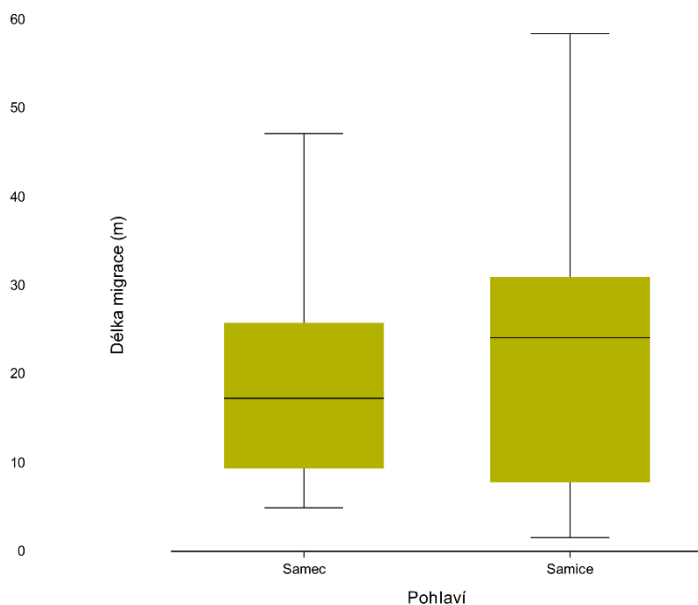
Na posledním Kornatickém potoce také bylo odloveno celkem 10 jedinců. Z celkového počtu bylo 6 samců a 4 samice.

Nebyl zjištěn statistický rozdíl v pohlavním poměru mezi toky ($X^2=0,3$, $P=0,86$).

Tabulka 3 Počet odchycených jedinců – pohlaví

Pohlaví	Přešínský p.	Mítovský p.	Kornatický p.
Samice	6	4	4
Samci	4	6	6

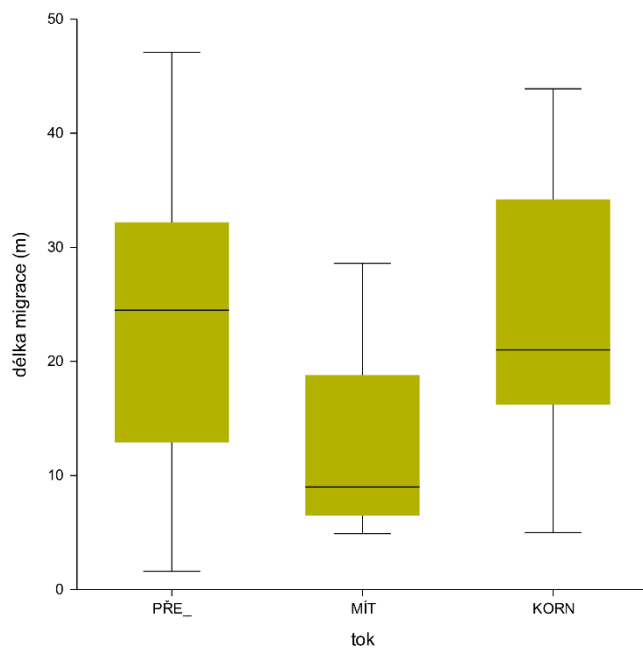
5.2.1 POROVNÁNÍ POHLAVNÍ STRUKTURY V ZÁVISLOSTI NA DÉLCE MIGRACE



Obr. 21 Box plot znázorňující délku migrace v porovnání na pohlaví

Rozdíly v délkách migrací v závislosti na pohlaví jedinců nebylo statisticky významné (Kruskal-Wallis ANOVA, $H=0,17$, $P=0,68$).

5.3 POROVNÁNÍ MIGRACÍ JEDINCŮ MEZI TOKY



Obr. 22 Box plot znázorňující délky pohybů

Z obr. 22 lze vyčíst, že na Kornatickém potoce je delší délka migrace raků než na potoce Přešínském a Mítovském. Rozdíl v délkách migrací na tocích však vyšel jako statisticky nevýznamný (Kruskal-Wallis ANOVA, $H= 4,65$, $P= 0,10$).

5.4 PREZENTACE POHYBŮ NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH

5.4.1 PŘEŠÍNSKÝ POTOK



Obr. 23 Přešínský potok kamera 1



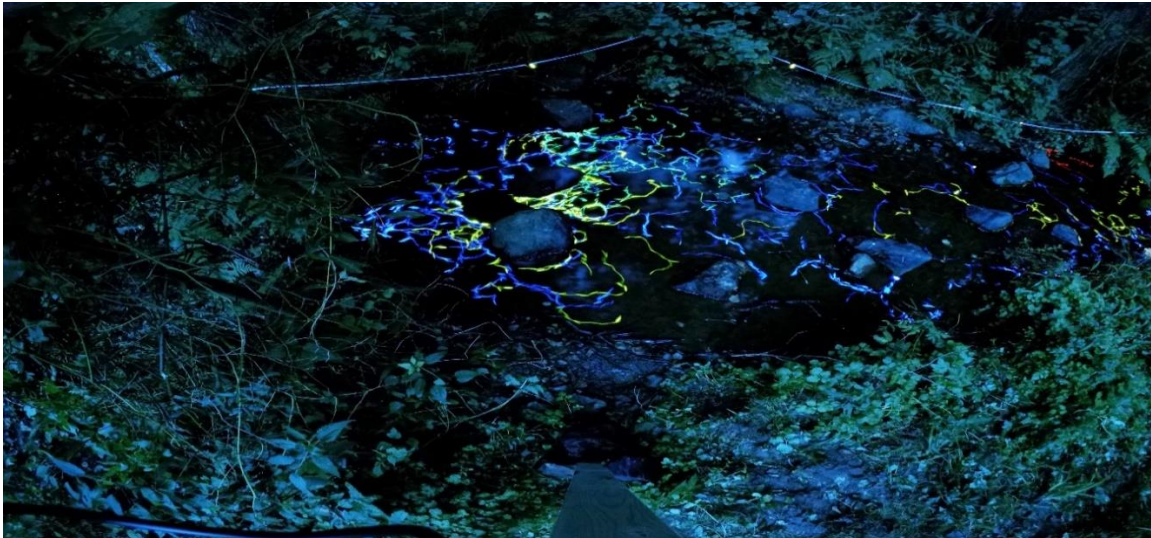
Obr. 24 Přešínský potok kamera 2

Jak můžeme vidět, na Přešínském potoce pohyby zkoumaných jedinců zachycují jednotlivé barvy Lightsticku MINI. Na kameře číslo 1 se pohyboval červený rak číslo 10. Tento jedinec se pohyboval pouze u břehu potoka a urazil pouze 1,6 m. Modrý jedinec číslo 3 se pohyboval na území první ale i druhé kamery, tento rak urazil tedy vzdálenost 12,7 m, pohyboval se uprostřed toku. Zelený jedinec číslo 5 se také pohyboval na území dvou kamer, a to na území první a druhé kamery.

Na druhé kameře se pohybovali tři jedinci raků. Červený jedinec číslo 6 se pohyboval po celé délce sledovaného úseku, uprostřed potoku i v okolí břehů. Tento červený rak urazil celkovou vzdálenost 25,4 m. Další jedinec, který se pohyboval v tomto území je modrý jedinec číslo 3, který se sem přesunul z kamery číslo 1. Posledním sledovaným jedincem byl zelený jedinec číslo 5, který se sem přesunul také z prvního sledovaného území. Tento jedinec se pohyboval pouze na začátku sledovaného úseku a celkově urazil 27 m.



Obr. 25 Přešínský potok kamera 3



Obr. 26 Přešínský potok kamera 4

Na třetí kameře se pohyboval žlutý jedinec číslo 8, pohyboval uprostřed potoka a poté se přemístil do kamery číslo 4. tento jedinec urazil třetí nejdelší naměřenou vzdálenost na tomto toku a to 31,1 m. Červený jedinec číslo 4 se pohyboval spíše u pravého břehu potoka a urazil vzdálenost 20,8 m. Zelený jedinec číslo 9 se pohyboval přes dvě kamery přes kameru číslo tři a kameru číslo 4 a urazil druhou nejdelší uraženou vzdálenost na tomto toku a to 35,7 m. Poslední sledovaný jedinec na tomto úseku je modrý jedinec číslo 7, který urazil 13 m. Tento jedinec se pohyboval nejvíce uprostřed potoka okolo velkých kamenů.

Tabulka 4 Přešínský potok – délky migrací jednotlivých raků

Přešínský	pohlaví	délka těla (mm)	délka trasy (m)
červený 10	samice	61,8	1,6
modrý 3	samice	70	12,7
zelený 5	samice	72,1	27,0
červený 6	samice	72,2	25,4
žlutý 8	samice	63	31,1
červený 4	samec	80,1	20,8
modrá 7	samec	59,8	13,0
zelený 9	samice	57,35	35,7
žlutý 2	samec	67,1	23,6
modrá 1	samec	79,95	47,1

Nejdelší změřená délka pohybu byla zjištěna u modrého jedince číslo 1, a do 47,1 m. Tuto vzdálenost zvládl tento jedinec pouze ve svém území viz kamera číslo 4. Žlutý jedinec číslo 2 se pohyboval převážně u levého břehu potoka urazil vzdálenost 23,6 m. Dalším jedincem na tomto území se pohyboval žlutý jedinec číslo 8, který se sem přesunul z třetího sledovaného území, na tomto území se pohyboval uprostřed toku kolem kamenů. Posledním jedincem je zelený jedinec číslo 9.

5.4.2 MÍTOVSKÝ POTOK



Obr. 27 Mítovský potok kamera 1



Obr. 28 Mítovský potok kamera 2

Na Mítovském potoce na první kameře můžeme vidět červeného jedince číslo 1, který se pohyboval v celé šířce potoku a urazil celkovou vzdálenost 8,7 m. Další jedinec, který byl na první kameře byl zelený jedinec číslo 2. Zde zas můžeme vidět, že tento jedinec byl celkem dost aktivní a pohybovat se skoro po celém zkoumaném úseku a přesunul se i do dalšího sledovaného úseku na kameru číslo 2. a poté až do kamery číslo 3. Zelený jedinec číslo 2 urazil úctyhodných 28,6 m. Tato naměřená vzdálenost byla na tomto toce druhou

nejdelší. Poslední jedince na této kameře je žlutý rak číslo 3. Tento žlutý jedinec byl také poměrně dost aktivní, z kamery se patrné, že se snažil překonat přírodní nástrahy a dostal se také do dalšího sledovaného úseku, a to do kamery číslo 2 a poté i do kamery číslo 3. Žlutý rak zdolal 15,5 m.



Obr. 29 Mítovský potok kamera 3



Obr. 30 Mítovský potok kamera 4

Na druhé kameře tedy vidíme velmi aktivní raky číslo 3 a 2. Zde je patrné, že jedinci byli také v okolí břehů, kde se schovávali pod kameny. Na této kameře ještě také vidíme

červeného jedince číslo 5, který byl naopak méně aktivní než ostatní jedinci na této kameře. Červený rak byl pouze uprostřed toku, kde se pohyboval pouze okolo jednoho kamene. A není tak tedy divu, že jeho celková uražená vzdálenost činní pouze 4,9 m.

Na třetí kameře se pohyboval modrý jedinec číslo 4. Tento jedinec se držel při břehu potoka a zdolal celkem 9,4 m. Dalším sledovaným jedincem byl žlutý jedinec číslo 6, který byl velmi aktivní a zdolal nejdelší naměřenou vzdálenost na tomto potoku a to 58,4 m. Tento jedinec byl jak u břehu potoka, tak i uprostřed, kde obcházek kameny. Posledním sledovaným jedincem na tomto úseku byl zelený jedinec číslo 7. Tento jedinec se zdržoval spíše okolo břehu a pod kořeny stromů a zdolal 9,4 m.

Na čtvrté kameře se pohyboval červený jedinec číslo 8, který zdolával kameny podél břehu a urazil celkem 7,2 m. Dalším pozorovaným jedincem byl červený jedinec číslo 9, který se také zdržoval podél břehu a urazil pouze 5,3 m. Posledním pozorovaným jedincem byl zelený jedinec číslo 10, který byl nejprve pouze u břehu a poté i uprostřed potoku a urazil celkem 6,9 m.

Tabulka 5 – délky migrací jednotlivých raků

Mítovský	pohlaví	délka těla (mm)	délka trasy (m)
Červený 1	samice	62,6	8,7
zelený 2	samice	66,1	28,6
žlutý 3	samec	52,4	15,5
červený 5	samec	62	4,9
modrý 4	samec	58,4	9,4
žlutý 6	samice	56,2	58,4
zelený 7	samec	52,5	9,4
červený 8	samec	51,7	7,2
červený 9	samice	52,3	5,3
zelený 10	samec	53,1	6,9

5.4.3 KORNATICKÝ POTOK



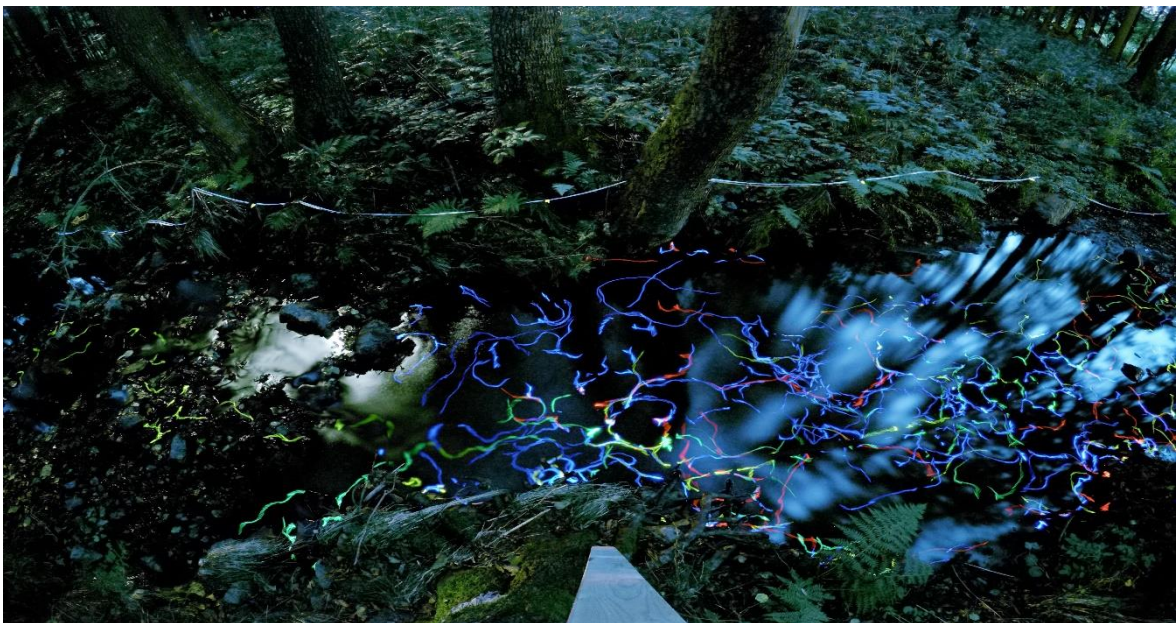
Obr. 31 Kornatický potok kamera 1



Obr. 32 Kornatický potok kamera 2



Obr.33 Kornatický potok kamera 3



Obr. 34 Kornatický potok kamera 4

Na Kornatickém potoce na první kameře jsme pozorovali pouze dva jedince, a to modrého jedince číslo 4. Tento rak se pohyboval téměř na celém sledovaném území, jak u břehu potoka, tak i také uprostřed. Modrý rak ušel celkem 9,7 m. Druhým sledovaným jedincem byl červený jedinec číslo 9. Tento jedinec se pohyboval na malém území a urazil 5 m.

Na druhé kameře jsme sledovali červeného jedince číslo 6, který se pohyboval v kruhu okolo kamenů a poté zamířil do další sledovaného úseku do kamery číslo 3. Červený jedinec zdolal celkem 18,3 m. Žlutý jedinec číslo 7 se pohyboval u břehu toku, poté se přesunul do další

kamery číslo 3, kde se poté začal pohybovat i uprostřed potoka. Zdolal tak 19,1 m. Dalším sledovaným jedince jen zelený číslo 8. Tento rak se také nejprve pohyboval spíše u břehu a poté co se přemístil na sledovaného třetího úseku, tak se pohyboval také i uprostřed kolům větších kamenů. Zelený rak urazil třetí nejdelší naměřenou vzdálenost na tomto toku a to 30,9 m. Posledním sledovaným jedincem byl modrý číslo 10. Tento jedinec byl velmi aktivní, protože se pohyboval přes tři sledované úseky. Začal tedy na kameře číslo dva, kde se velmi rychle přesunul do kamery číslo tři. Modrý jedinec se pohyboval uprostřed mezi velkými kameny ale také i u břehu. Po prozkoumání třetího úseku se tento jedinec přesunul ještě do dalšího sledovaného úseku, a to do kamery číslo čtyři. Na čtvrtém sledovaném úseku byl také dosti aktivní, pohyboval se uprostřed mezi kameny. Proto není divu, že tento jedinec urazil nejdelší naměřenou vzdálenost 115,9 m.

Na další kameře číslo 3 se pohyboval červený rak číslo 3, který se pohyboval u břehu a poté přešel do dalšího sledovaného úseku 4. Kde se pohyboval po celém sledovaném úseku. Modrý jedinec číslo 2 se pohyboval uprostřed potoka a přesunul se také do dalšího sledovaného pásma a urazil tak druhou nejdelší naměřenou vzdálenost a to 43,9 m. Žlutý jedinec číslo 5 se pohyboval uprostřed potoka a urazil celkem 26,6 m.

Na třetí kameře cestovali do dalšího pásma všichni jedinci.

Na čtvrté kameře zelený jedinec číslo 1 se pohyboval spíše uprostřed potoka kolem větších kamenů. Tento jedinec zdolal 22,8 m. Žlutý jedinec číslo 5 se pohyboval pouze u břehu.

Tabulka 6 Kornatický potok – délky migrací jednotlivých raků

Kornatický	pohlaví	délka těla (mm)	délka trasy (m)
modrý 4	samec	61,8	9,7
červený 9	samice	59,6	5,0
modrý 10	samec	55,7	115,9
červený 6	samice	65,2	18,3
žlutý 7	samec	70,4	19,1
zelený 8	samice	60,7	30,9
červený 3	samec	65,1	19,2
žlutý 5	samec	59,7	26,6
modrý 2	samec	62,5	43,9
zelený 1	samice	75,6	22,8

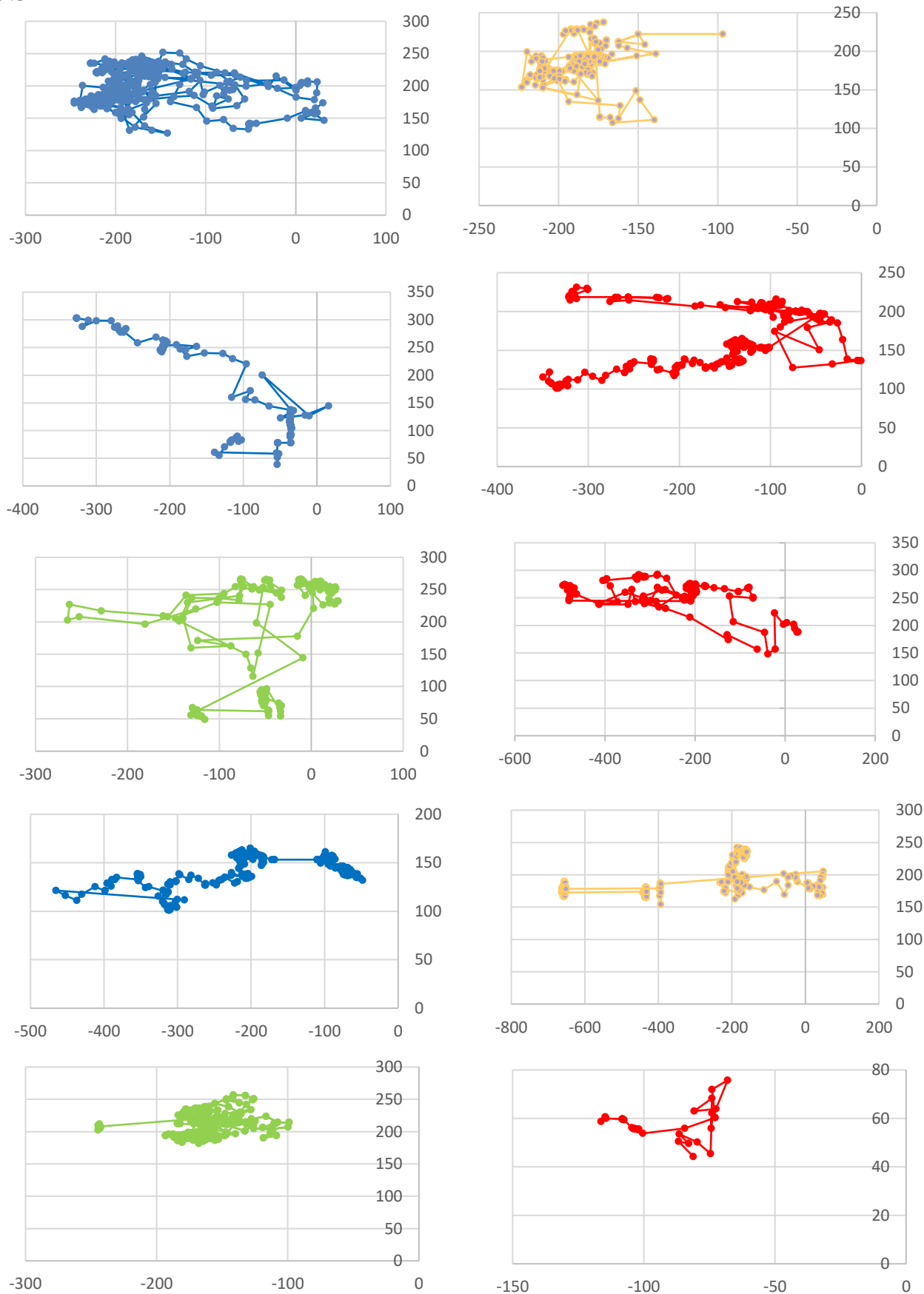
5.4.4 HOMING JEDINCŮ NA TOCÍCH

Dále jsme vyhodnocovali raky, kteří se vrátili zpět na své původní místo úkrytu (homing effect). Na Přešínském potoce se zpět na své původní místo vrátili dva jedinci z 10. Na Mítovském potoce se na své původní místo nevrátil žádný zkoumaný jedinec, všichni migrovali na jiné území. A na posledním sledovaném toku, a to na Kornatickém se vrátili také pouze dva jedinci z deseti zpět na své místo. Rozdíl v homing chování mezi toky byl statisticky nevýznamný (Yates' $\chi^2 = 0,31$).

5.4.5 HOMING JEDINCŮ V ZÁVISLOSTI NA POHLAVÍ

Homing jedinců v závislosti na pohlaví byl statisticky nevýznamný (Yates' $\chi^2 = 0,88$). Na Přešínském potoce se vrátila zpět jedna samice a jeden samec. Na Mítovském potoce nedošlo k žádnému zpětnému vrácení jedinců. A na Kornatickém potoce se jednalo o jednu samici a jednoho samce stejně jako tomu bylo na Přešínském potoce.

5.5 DÉLKY MIGRACÍ NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH

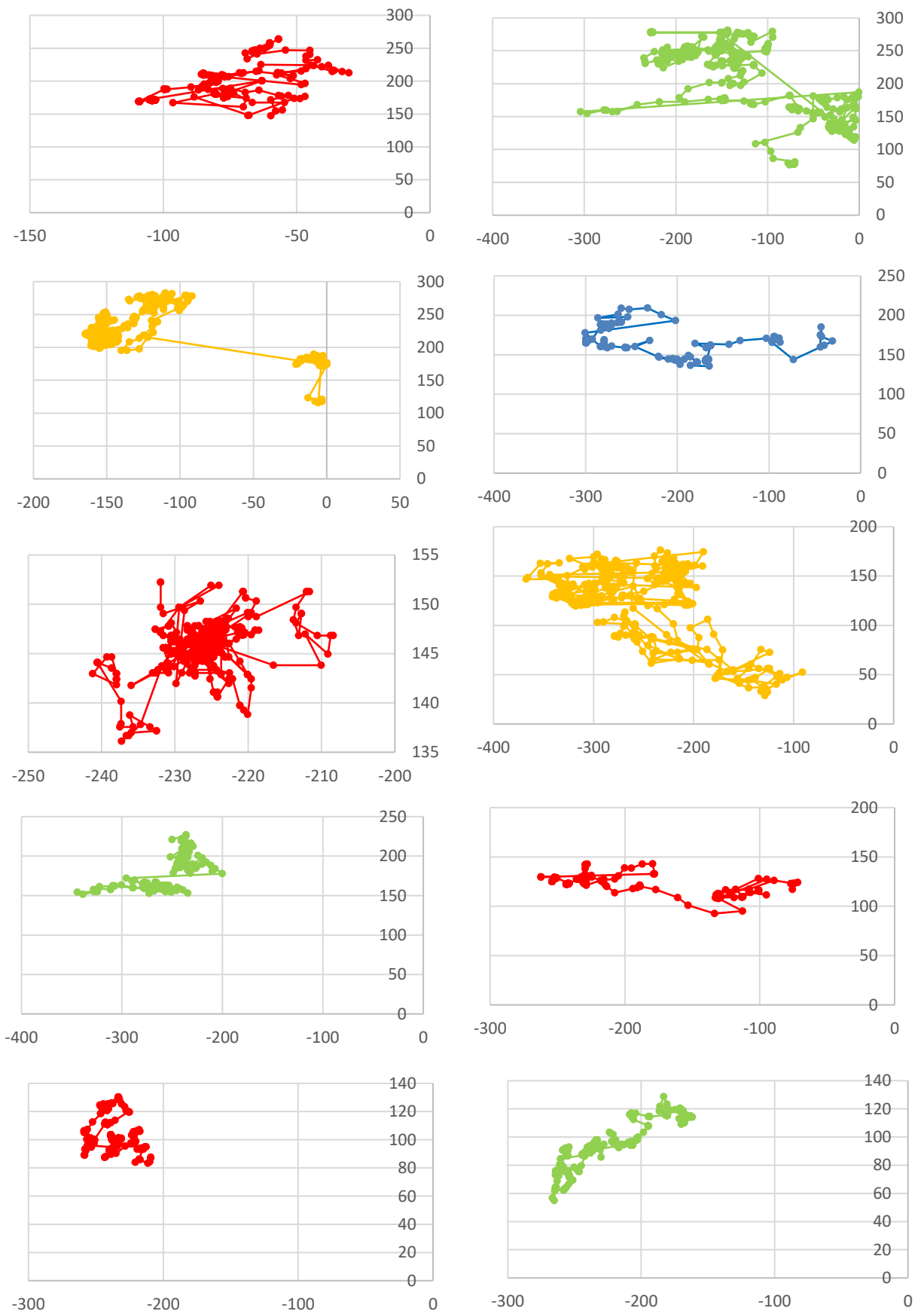


Graf 1 Délky migrací na Přešínském potoce – nahoře vlevo modrý rak 1, žlutý rak 2, modrý rak 3, červený rak 4, zelený rak 5, červený rak 6, modrý rak 7, žlutý rak 8, zelený rak 9 a červený rak 10

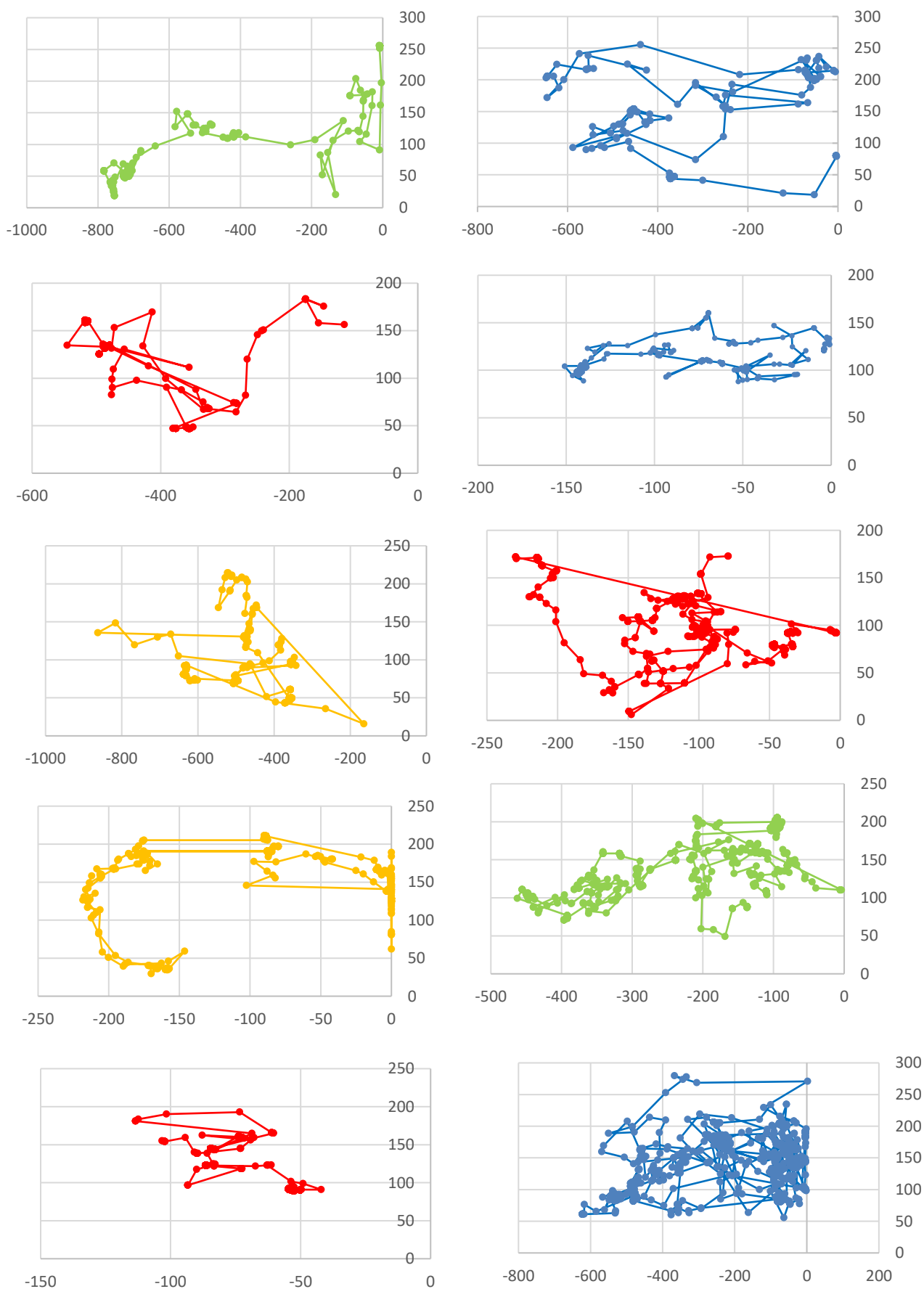
Na Přešínském potoce průměrná délka naměřených pohybů byla 23,8 m. Medián této naměřené hodnoty je 24,5 m. Nejdelší naměřená hodnota vzdálenosti na tomto potoce činila 47,1 m, kterou urazil samec modré barvy číslo 1. Nejkratší naměřená vzdálenost na Přešínském potoce byla 1,6 m, kterou urazila červená samice číslo 10. Tyto naměřené hodnoty jsou nejmenší v porovnání se zbylými toky.

Na Mítovském potoce byla naměřena průměrná délka sledovaných pohybů 15,4 m a medián této hodnoty je 9 m. Nejdelší naměřená délková hodnota na tomto potoce činila 58,4 m. Nejdelší vzdálenost urazila žlutá samice číslo 6. Naopak nejkratší naměřená hodnota na tomto toku je pouze 4,9 m, kterou zdolal červený samec číslo 5. Obě tyto hodnoty jsou tedy v porovnání s Přešínským potokem vyšší, ale ne v porovnání s Kornatickým potokem.

Na Kornatickém potoce byla naměřená průměrná délka pohybů 31,1 m. Tato naměřená vzdálenost je největší v porovnání s Přešínským i Mítovským potokem. Medián této hodnoty je 21 m. Nejdelší zaznamenaná hodnota pohybu činila úctyhodných 115,9 m, kterou urazil modrý samec číslo 10. Nejkratší zdolanou vzdálenost urazila červená samice číslo 9. Obě tyto naměřené hodnoty jsou nejvyšší v porovnání s ostatními potoky. Z toho tedy plyne, že nejdelší vzdálenost jak na potoce Přešínském, tak i na potoce Kornatickém zdolali samci. A zase nejkratší uraženou vzdálenost zdolaly samice jak na Přešínském, tak i na Kornatickém potoce. Pouze na Mítovském potoce je tomu přesně naopak, nejdelší uraženou vzdálenost ušla samice a nejkratší naměřenou vzdálenost ušel samec.



Graf 2 Délky migrací na Mítovském potoce – nahoře vlevo červený rak 1, zelený rak 2, žlutý rak 3, modrý rak 4, červený rak 5, žlutý rak 6, zelený rak 7, červený rak 8, červený rak 9 a zelený rak 10



Graf 3 Délky migrací na Kornatickém potoce – nahoře vlevo zelený rak 1, modrý rak 2, červený rak 3, modrý rak 4, žlutý rak 5, červený rak 6, žlutý rak 7, zelený rak 8, červený rak 9 a modrý rak 10

6 DISKUZE

Studie migračních schopností raka kamenáče se uskutečnila na podzim minulého roku 2021. Terénní práce byly realizovány na předem zvolených tocích v Plzeňském kraji. A to na Přešinském potoce, Mítovském potoce a na Kornatické potoce.

Hlavním cílem tohoto výzkumu bylo sledování a vyhodnocení individuálních nočních migrací raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Individuální noční migrační schopnosti byly zkoumány z několika hledisek. Šlo o porovnání délkové struktury raků mezi vybranými toky, vyhodnocení pohlavní struktury jedinců mezi toky. Dále také zda existují rozdíly v migraci mezi zvolenými toky, rozdíly v délkové struktuře migrace raků a také vyhodnocení existujících rozdílů mezi pohlavím v závislosti na migraci.

Praktická část výzkumu tedy probíhala na již zmíněných třech tocích. Tyto tři toky jsou přírodně meandrující úseky. Voda v potocích byla relativně čistá, byla zde i ideální hladina vody, a proto tyto toky byly ideální pro ruční metodu odchytu raků. Zvolené úseky byly vyznačeny za pomoci měřicího pásma a odlov jedinců probíhat vždy proti proudu, abych předešli znečištění vody, abychom si zčeřenou vodu nehnali pod ruku. Během ručního odlovu jsme prohledali velké množství úkrytů, které byly vždy na zvoleném úseku toku. Ať už se jednalo o pobřežní vegetaci, úkryty, nebo kameny různých velikostí (Štambergová et al., 2009). Odlovení jedinci se nacházeli pod nějakým úkrytem v podobě kamene různé velikosti, stejně tak jak uvádí Buřič et al., (2009a).

Celkový počet označených raků tedy činil 30 jedinců. Na každém potoku bylo naznačeno 10 raků, kteří byli posléze monitorováni.

Dalším dílčím cílem bylo vyhodnocení délkové struktury raků mezi toky. Nalezení jedinci byli tedy rozděleni do třech kategorií. A to od 5–6 cm, 6,1 – 7 a >7 cm. Největší průměrnou délku těla (68,34 mm) měli jedinci na Přešinském potoce. Kolegyně, která se zabývala stejným výzkumem na jiných vybraných lokalitách, a to konkrétně na Chocenickém potoce, Levostranném přítoku Mítovského potoka a na Skořickém potoce, naměřila průměrné délky těla raků následovně: na Chocenickém potoce 64, 77 mm, na Levostranném přítoku Mítovského potoka 57, 39 mm a na Skořickém potoce 60, 84 mm. Jak je patrné z výsledků, průměrná délka těla raků je největší na Přešinském potoce. Největší délka těla raka v této práci je 80,1 mm na Přešinském potoce. V práci kolegyně Hlavaté je největší naměřená délka těla na Skořickém potoce a jedná se o samce s délkou těla 81,8 mm.

Délkovou strukturu na jednotlivých tocích může ovlivnit celá řada faktorů, jako je například hustota populace nebo abiotické faktory. Hustota populace velmi závažně ovlivňuje dostupnost potravních zdrojů, a také i množství úkrytů, které se nachází na daném území.

Migrační aktivitu raků lze porovnat s několika výsledky mnoho autorů. Uvádí se, že rak signální migruje až několik desítek m/den. Bubb (2006) se zaměřil na studii raka signálního na severu Anglie a zaznamenal průměrnou délku pohybu 2,4 až 5,4 km. Nejdelší monitorovaná migrace u raka červeného je 255 m za den. Několik autorů zabývajících se touto problematikou uvádí, že invazivní druhy raků jsou migračně více schopnější ve srovnání s druhy původními (Bubb et al., 2006, Buřič et al., 2009, Svobodová et al., 2020).

Jak uvádí Kadlecová et al. (2012), tak rak kamenáč zůstává po určitou dobu v blízkosti úkrytu. Kozák et al. (2014) uvádí, že nejdelší zaznamenaná migrační aktivita raka kamenáče činila 73,1 m. V literatuře od Kadlecové (2012) se uvádí, že nejdelší uražená vzdálenost byla samicí raka, které byla monitorována po dobu 55 dní a urazila tak 133 m. V této práci se nám podařilo změřit nejdelší uraženou vzdálenost samce a to celých 115,9 m. Rozdíl v migracích na tocích v tomto výzkumu vyšel jako statisticky nevýznamný. Lze to pravděpodobně přisoudit charakteru koryta. Na Přešínském potoce bylo celkem velké množství velkých kamenů, oproti výskytu menších kamenů, ty se na tomto potoce moc nevyskytovaly. Na Mítovském potoce byla o něco hlubší voda, kde bylo velké množství velkých kamenů, které představovaly určité překážky v migraci. Na Kornatickém potoce se nachází poměrně velké množství menších kamenů, které byly ideálními úkryty pro raky nacházející se na tom to potoce.

V práci kolegyně Hlavaté se můžeme dočíst, že nejdelší překonaná vzdálenost na sledovaných tocích byla vzdálenost 88,7 m, kterou zdolal samec na Chocenickém potoce. V práci Myslíkové (2016) se dočteme, že nejdelší migrační vzdálenost byla na Huníkovském potoce, a to 19 m. V bakalářské práci Režné (2020) na téma denní migrace raka kamenáče vyšel výsledek délkové migrace po proudu u samice, a to necelým třicet metrů 29,7 m.

7 ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo sledování a vyhodnocení individuálních nočních migrací raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) na třech předem vybraných lokalitách. Dalšími dílčími cíli bylo porovnání délkové struktury raků na tocích, vyhodnocení pohlavní struktury raků na tocích, vyhodnocení existujících rozdílů v migraci raka kamenáče mezi zvolenými lokalitami, vyhodnocení existujících rozdílů v délkové struktuře na pohybech raků a jako poslední dílčí cíl bylo vyhodnocení existujících rozdílů mezi pohlavním na migraci na tocích.

Výzkum se uskutečnil na podzim v září v šesti dnech minulého roku 2021, na předem vybraných tocích s výskytem raka kamenáče. Pro výzkum byly vybrány tyto lokality v Plzeňském kraji, Přešínský potok, Mítovský potok a Kornatický potok. Na těchto zmíněných lokalitách byla sledována noční migrační aktivita raků v předem vyznačeném území. Výzkumné práce probíhaly vždy jeden den přes noc. V pozdním odpoledni bylo vyznačeno území pomocí pásma, na kterém práce budou probíhat. Poté následovalo odlovení raků ruční metodou. U jedinců byla provedena sexuální determinace, změřena celková délka těla, tyto informace byli zaznamenány do předem připraveného záznamového archu. Jedinci, kteří byli odloveni, byli označeni za pomoci svítící tyčinky Lightstick MINI různé barvy a vše bylo důkladně zaneseno do archů. Dále podél břehu, kde nebylo natažené pásmo byly nainstalovány čtyři GoPro kamery s odstupem pěti metrů. Kamery byly uchyceny na předem připravené plastové držáky z 3D tiskárny a přichyceny na dřevěné latě, které byly ukotveny do země na zvolené místo. Kamery byly vybaveny záložní powerbankou, aby vydržely v provozu celou noc. Poté byli jedinci s vybranou barvou Lightstick MINI navraceni do potoku na rozměřený úsek. Kamery zaznamenávaly noční aktivitu raků během celé noci pomocí fotografií v intervalu jedné minuty.

Následující den probíhal úklid potřebných věcí. A uložení natočeného materiálu z GoPro kamer.

Na tocích bylo celkem odloveno a označeno 30 jedinců tzn. 10 jedinců na Přešínském potoku, 10 jedinců na Mítovském potoku a také 10 jedinců na Kornatickém potoce. Každý jedinec měl svou přidělenou barvu Lightsticku MINI.

Dílčím cílem bylo porovnání délkové struktury raků mezi jednotlivými toky. Dle statistických výpočtů byla průměrná délka těla raků na Přešínském potoce 68,34 mm, a tedy

i nejvyšší hodnotou naměřenou na zvolených tocích. Druhou největší průměrnou délku těla jsme naměřili na Kornatickém potoce a to 63, 63 mm. Poslední a také nejmenší naměřenou délku těla měli jedinci na Mítovském potoce a to 56, 73 mm. Největší změřený jedinec se nacházel na Přešínském potoce a byl to samec, který měřil 80,1 mm. Naopak nejmenší změřený jedinec se nacházel na Mítovském potoce a měl pouhých 51, 7 mm.

Délková struktura na jednotlivých tocích byla rozdělena do třech kategorií a to následovně: délka těla 5-6 cm, druhá kategorie zahrnovala jedince od 6,1 do 7 cm a poslední tři kategorie byla nad 7,1 cm. Na Přešínském potoce do první již zmíněné kategorie spadali dva jedinci, do druhé kategorie spadali čtyři jedinci a do poslední kategorie nad 7,1 cm čtyři jedinci. Na Mítovském potoce do kategorie první jsem zahrnul celkem sedm jedinců a zbytek značených jedinců spadl do druhé velikostní kategorie, poslední kategorie zde neměla zastoupení. Na posledním toku, a to na Kornatickém toku měla první kategorie celkové zastoupení čtyřmi jedinci, druhá kategorie zahrnovali pět jedinců a na poslední kategorii připadal pouze jeden jedinec.

Dalším z cílů práce bylo vyhodnocení pohlavní struktury raků na tocích. Na Přešínském potoce bylo odloveno celkem šest samic a čtyři samci. Na potoce Mítovském bylo celkem šest samců a čtyři samice. A na Kornatickém potoce to bylo stejné jako na Mítovském toku, zde byli odloveni čtyři samice a šest samců.

Také byly sledovány rozdíly v migraci raků mezi toky, rozdíly v délkové struktuře na migraci raků a také rozdíly mezi pohlavím na migraci. Tyto výsledky vyšly statisticky nevýznamné.

Na závěr kapitoly výsledky jsou vytvořeny grafy znázorňující noční aktivitu raků kamenáčů na jednotlivých tocích. Nejdělsí uraženou vzdálenost překonal samec na Kornatickém potoce. Nejdělsí překonává vzdálenost činí 115,9 m. Nejdělsí vzdálenost na dalším zkoumaném toku urazila samice, a to 58, 4 m. Na Přešínském potoce nejdělsí vzdálenost urazil samec a to 47,1 m. Nejkratší změřenou vzdálenost migrace jsme zaznamenali u samice, která zdolala pouze 1,6 m, a to na Přešínském potoce. Nejkratší naměřená vzdálenost na zbylých tocích byla 4,9 m na Mítovském potoce, kterou zdolal samec a 5 m na Kornatickém potoce, kterou zdolala samice.

8 RESUMÉ

Cílem mé diplomové práce bylo zjistit homing u raka kamenáče aneb dobří holubi se vracení. Výzkum byl realizován v roce 2021, na podzim v měsíci září. Praktická část výzkumu probíhala šest dnů. A to na třech předem vybraných lokalitách na území jihozápadních Čech (potok Mítovský, Přešínský a Kornatický potok). Na těchto zvolených lokalitách byly metodou ručního odlovu prohledány všechny úkryty (kameny, nory). Odchycení jedinci byli za pomoci barevného lighthsticku označení a vloženi na místo výzkumu. Na výše zmíněných třech tocích bylo celkem odloveno 30 jedinců. Na každém toku jsme zjišťovali i další údaje (pohlaví, velikost těla). Všechna zjištěná data byla následně statisticky zanalyzována a graficky zpracována.

Klíčová slova: rak kamenáč, pohybové schopnosti, migrace, Česká republika

9 CIZOJAZYČNÉ RESUMÉ

The aim of my thesis was to find out the homing of stone crayfish, or in commonly used Czech phrase „good pigeons return “. The research took place in year 2021, in the fall, in the month of September. The practical part of the research lasted six days. There were three pre-selected localities in the territory of southwestern Bohemia (streams Mítovský, Přešínský a Kornatický). At all of these selected localities, all shelters (stones, burrows) were searched by the method of manual catching. Captured individuals were marked with a colored lightstick and placed at the research site. A total of 30 individuals were caught on the above three streams. We also worked with other data about caught individuals (sex, body size) on each stream. All data were then statistically analyzed and graphically processed.

Key words: stone crayfish, motion capabilities, migration, Czech Republic

10 SEZNAM LITERATURY

Alderman, D.J., Holdich, D., Reeve 1990. I. Signal crayfish as vectors in crayfish plague in Britain. *Aquaculture*, 86 (1): 3-6.

Anonymus. 2019. *Na výsypce u dolů nedaleko Bíliny se objevil nebezpečný invazivní rak.* iDnes.cz/zpravodajství, Citováno dne: 26. 2. 2022. Dostupné z: https://www.idnes.cz/usti/zpravy/invazivni-rak-mramorovy-radovesicka-vysypka-bilina-raci-mor.A191216_521602_usti-zpravy_pakr

Bádr, V. 2000. *Výskyt potočnic r. Branchiobdella v České republice a jejich možná patogenita – předběžná zpráva.* – *Bulletin VURH Vodňany*, 36, 1-2: 33-40.

Bohl, E. 1999. Motion of individual Noble crayfish *Astacus astacus* in different biological situations: In situ studies using radio telemetry. – *Freshwater crayfish*, 12: 677-687.

Bubb, D.H., Thom, T.J., et Lucas, M.C. 2004. Movement and dispersal of the invasive signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in upland rivers. *Freshwater Biology*, 49 (3): p.357–368

Bubb, D.H., Thom, T.J., et Lucas, M.C. 2004. Winter movements and activity of signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in an upland river, determined by radio telemetry. *Freshwater Biology*, 49, p. 357–368.

Bubb, D.H., Thom, T.J. et Lucas, M.C. 2005. The within-catchment invasion of the non-indigenous signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in upland rivers. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, p. 376–377: 665-673.

Bubb, D.H., Thom, T.J. et Lucas, M.C. 2006a. Movement patterns of the invasive signal crayfish determined by PIT telemetry. *Canadian Journal of Zoology*, 84, p. 1202–1209.

Crandall & Grave. 2017. *Journal of Crustacean Biologie* (An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the world, with a completespecies list) doi:10.1093/jcbiol/rux070

Crandall, K.A., Buhay, J.E. 2008. Global diversity of crayfish (Astacidae, Cambaridae, Paeastacidae – Decapoda) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 295-301.

Crandall, K.A. et De Grave, S. 2017. An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the world, with a complete species list. *Journal of Crustacean Biology*, 37, p. 615–653.

Daněk, T., Musil, J., Vlašánek, P., Svobodová, J., Barteková, T., Štrunc, D., Barankiewicz, M., Bouše, E., Svobodová, E., Johnsen, SI, Andersen, O. 2019. Movement patterns of juvenile and adult noble crayfish (*Astacus astacus*) in a small stream, determined by radiotelemetry. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* 55: 19

Diéguez-Uribeondo, J., Söderhäll, K. 2008. *Procambarus clarkii* Girard as a vector for the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci* Schikora. *Aquaculture Research*, 24 (6): 761-765.

Đuriš, Z. & Horká, I. 2007. First record of the invasive spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque) in Moravian and Silesian region, Czech Republic. *Časopis Slezského Muzea Opava* (A), 56, p. 49–52.

Fischer, D., Bádř, V., Vlach, P., Fischerová, J. 2004a.: Nové poznatky o rozšíření raka kamenáče v Čechách. – *Živa LII (XC)*: 79–81.

Filipová, L., Kozubíková, E., Petrusek, A. 2006a. *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817). Nepůvodní druhy ve fauně a flóře České republiky [Alien species in fauna and flora of the Czech Republic], ČSOP, Praha, s. 237–239.

Filipová, L., Petrusek, A., Kozák, P., Polícar, T. 2006b. Distribuce raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) v České republice. In: *Zoologické dny* (Bryja, J. et Zúkal, J., eds.). Brno, s. 37–38.

Füreder, L., Oberkofler, B., Hanel, R., Leiter, J., Thaler, B. 2003. The freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* in South Tyrol: heritage species and bioindicator. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, 370-371: 81-95.

Gherardi, F., Barbaresi, S., Villanelli, F. 1998. Movement Patterns of the White-clawed Crayfish, *Austropotamobius pallipes*, in a Tuscan Stream. – *Freshwater Biology*, 13: 413–424.

Gherardi, F., Barbaresi, S., Salvi, G. 2000. Spatial and temporal patterns in the movement of *Procambarus clarkii*, an invasive crayfish. – *Aquatic Science*, 62: 179-193.

Gherardi, F., Tricarico, E., Ilhéu M. 2002. Movement patterns of an invasive crayfish, *Procambarus clarkii*, in temporary stream of southern Portugal. – *Ethology Ecology & Evolution*, 14: 183-197.

Gherardi, F. 2006. Crayfish Invading Europe: The Case Study of *Procambarus clarkii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*. 39(3):175-191.

Goddard, J. S. 1988. Food and Feeding. D. M. Holdich a R. S. Lowery. Freshwater crayfish: biology, management, and exploitation. Portland: *Timber Press*. 145-166.

Grabda, E., Wierzbicka, J., 1969. The problém of parasitism of the species of genus *Branchiobdella Odier*. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 16: 93–104

Hajer J. 1989 Americký druh raka v Labi. – *Živa*, 37/75: 125.

Henttonen, P. et Huner, J.V. 1999. The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction. *Crustacean Issues*, 11, p. 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.

Hlavatá, K. 2022. Pan domácí nebo tulák: migrační chování raka kamenáče [Diplomová práce] Západočeská univerzita v Plzni.

Hobbs, H.H. 2022. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrate*, Elsevier, 2001[cit. 25.1.2022]. Dostupné z:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780126906479500247?via%3Dihub>

Holdich, D.M., Reeve, I.D. 1991. Alien crayfish in British waters. *Final report on GR3/6842 for Natural Environment Research Council*. 38 pp.

Holdich, D. M. 2002a. *Biology of Freshwater Crayfish*. - Blackwell Science Ltd., Oxford: 702 pp.

Holdich, D. M. 2002b. Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, 367: 611-650.

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*, p. 394–394: 11.

Holzer, M. 2000. Raci v České republice. *Ochrana přírody*, 55(10): 291-294.

Hudina, S., Maguire I., Klobučar G. I. 2008. Spatial dynamics of the noble crayfish (*Astacus astacus*, L.) in the Paklenica National Park. – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 2008, 388: 01.

Hudina, S., Lucić A., Žganec K., Janković S. 2011. Characteristics and movement

patterns of a recently established invasive *Pacifastacus leniusculus* population in the river Mura, Croatia. – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 403: 07.

Kadlecová, K., Bílý M., Maciak, M. 2012. Movement patterns of the co-occurring species *Astacus astacus* (noble crayfish) and *Austropotamobius torrentium* (stone crayfish). – *Fundamental and Applied Limnology*, 351-360.

Kerby, J. L., Riley, S. P. D., Kats, L. B., Wilson P. 2005. Barriers and flow as limiting factors in the spread of an invasive crayfish (*Procambarus clarkii*) in southern California streams. – *Biological Conservation*, 126: 402-409.

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: 05.

Kozák, P., Ďuriš, Z., Petrušek, A., Buřič, M., Horká, I., Kouba, A., Kozubíková, E. Polícar T. 2014. *Biologie a chov raků*. – Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, České Budějovice, 418 pp.

Kozák, P., Ďuriš, Z., Polícar, T. 2002. The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in the Czech Republic. – *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture* 367: 707–713.

Kozubíková, E., Petrušek, A., Ďuriš, Z., Martin, M. P., Diéguez-Urbeondo J. Oidtmann B. 2008. The old menace is back. Recent crayfish plague outbreaks in the Czech Republic. – *Aquaculture*, 274: 208–217.

Kozubíková-Balcarová E., Beran, L., Ďuriš, Z., Fischer, D., Horká, I., Svobodová, J. Petrušek, A. 2014. Status and recovery of indigenous crayfish populations after recent crayfish plague outbreaks in the Czech Republic. – *Ethology Ecology & Evolution*, 26: 299–319

Kozubíková, E., Filipová, L., Kozák, P., Ďuriš, Z., Martín, M.P., Diéguez-Uribeondo, J., Oidtmann, B., Petrusek, A. 2009. Prevalence of the Crayfish Plague Pathogen *Aphanomyces astaci* in Invasive American Crayfishes in the Czech Republic. *Conservation Biology*, 23 (5): 1204-1213.

Kozubíková, E., Petrusek, A. 2009. Račí mor – přehled dosavadních poznatků o závažném onemocnění raků a zhodnocení situace v České republice. *Bulletin VÚRH Vodňany*, 45(2-3): 34-57.

Lee, J. H., Kim, T. W., Choe, J. C., 2009. Commensalism or mutualism: conditional outcomes in branchiobdellid-crayfish symbiosis. *Oecologia*, 159: 217–224.

Light, T., Erman, D.C., Myrick, C., Clarke, J. 1995. Decline of the Shasta Crayfish (*Pacifastacus fortis* Faxon) of Northeastern California. *Conservation Biology*, 9 (6): 1567–1577.

Lindqvist, O.V., Huner, J.V. 1999. Life history characteristics of crayfish: what makes some of them good colonizers? *Crustacean Issues*, 11, p. 23–30.

Lockwood, J. L., Cassey, P., Blackburn, T. 2005. The role of propagule pressure in explaining species invasions – *Trends in Ecology and Evolution*, 20: 223–228.

Lohniský, K. 1984. *Rozšíření raků ve východních Čechách a jeho změny v posledních desetiletích*. Zpravodaj, Krajské Muzeum východních Čech v Hradci Králové (Přírodní vědy), 11(2): 5-27.

Machino, Y., Füreder, L. 2005. How to find a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803): A biogeographic study in Europe. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, 376-377: 507-517.

Marianová, K. 2013. *Výskyt raka kamenáče v Plzeňském kraji*. [Bakalářská práce], Západočeská univerzita v Plzni, 1-48. Plzeň.

-
- Martin, P., Pfeifer, M., Füllner, G. 2000. First record of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) (Crustacea: Decapoda: Astacidae) from Saxony (Germany). – *Faunistische Abhandlungen*, 26: 103-108.
- Meike, E., 1999. The relationship between *Branchiobdella spec.* (Annelida, Oligochaeta) and its host, the noble crayfish (*Astacus astacus* L.) *Archiv für Hydrobiologie*, 144: 357–369.
- Moorhouse, T. P., MacDonald D. W. 2011. Immigration rates of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in response to manual control measures. – *Freshwater Biology*, 56: 993-1001.
- Mourek, J., Zavadil, V., Fischer, D., Štambergová, M., Hoffmannová, K. 2006. Dva druhy raků v Zákolanském potoce. - Budeč 1 100 let. II. *Příroda – krajina – člověk*, 146–164.
- Myslíková, T. 2016. Migrační schopnosti raka kamenáče [Diplomová práce] Západočeská univerzita v Plzni.
- 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, p. 1380–1385.
- Patullo, B.W., Baird, H.P., Macmillan, D.L. 2009. Altered aggression in different sized groups of crayfish supports a dynamic social behaviour model. *Applied Animal Behaviour Science*, 120: 231-237.
- 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 Francais de la Peche et de la Pisciculture*, p. 903–918.

Pollhammer, P. 2014. A Method to Record Continuous Movements of Crayfish in Small Rivers During the Night. *Crayfish News*, 336, 1-5.

Pöckl, M. 1999. Distribution of crayfish species in Austria with special reference to introduced species. - *Freshwater Crayfish*, 12: 733-750.

Pöckl, M., Streissl, F. 2005. *Austropotamobius torrentium* as an indicator for habitat quality in running waters? – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, 376-377: 743-758.

Pöckl, M., Holdich, D., Pennerstorfer, J. 2006. Identifying native and alien crayfish species in Europe. *European project Craynet*, p. 1–47.

Renz, M., Breithaupt, T. 2000. Habitat use of the crayfish *Austropotamobius torrentium* in small brooks and in lake Constance, southern Germany. – *Bull. Fr. Pêche Piscis*. 356: 139-154.

Robinson, C. A., Thom, T. J., Lucas, M. C. 2000. Ranging behaviour of a large freshwater invertebrate, the white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes*. – *Freshwater Biology*, 43: 509-521.

Římalová, K., Bílý M. 2013. The movement patterns of *Austropotamobius torrentium* and *Astacus astacus*: Is a stony step a barrier? – *Freshwater Crayfish*, 19: 69-75.

Scalici, M., Gibertini, G. 2007. Feeding habits of the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Decapoda, Astacidae) in a brook in Latium (central Italy). *Italian Journal of Zoology.*, 74(2):157-168.

Shull, H.C., Pérez-Losada, M., Blair, D., Sewell, K., E. A. Sinclair, E.A., Lawler, S., Ponniah, M., Crandall, K.A. 2005. Phylogeny and biogeography of the freshwater crayfish *Euastacus* (Decapoda: Parastacidae) based on nuclear and mitochondrial DNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 37 (1): 249-263.

Schütze, S., Stein, H., Born O. 1999. Radio telemetry observations on migration and activity patterns of restocked noble crayfish *Astacus astacus* (L.) in the small River Sempt, north-east of Munich, Germany. – *Freshwater Crayfish*, 12: 688-695.

Sint, D., Füreder, L. 2004. Reintroduction of *Astacus astacus* L. in East Tyrol, Austria. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, 372-373: 301-314.

Souty-Grosset C., Holdich, D. M., Noël, P. Y., Reynolds, J. D., Haffner, P. 2006. Atlas of Crayfish in Europe. – Patrimoines Naturels 64. *Muséum National d'Histoire Naturelle*, Paris, 187 pp.

Söderhäll, K., Svensson, E., Unestam, T. 1977. An inexpensive and effective method for elimination of the crayfish plague: barriers and biological control. *Freshwater Crayfish*, 3: 333–42.

Staniford, A.J., Kuznecovs, J. 2008. *Aquaculture of the yabbie*, *Cherax destructor*, Clark (Decapoda: Parastacidae): an economic evaluation. *Aquaculture Research*, 19: 325-340.

Streissl, F., Hödl W. 2002. Habitat and shelter requirements of the stone crayfish, *Austropotamobius torrentium* Schrank. – *Hydrobiologia*, 477: 195-199.

Svobodová, J., Douda, K., Štambergová, M., Pícek, J., Vlach, P., Fischer, D. 2012 The relationship between water quality and indigenous and alien crayfish distribution in the Czech Republic: patterns and conservation implications. – *Aquatic Conservation Marine And Freshwater Ecosystems*, 22: 776–786.

Svobodová, J., Kozubíková Balcarová, E., Fischer, D., Vlach, P., Pícek, J., Semerádová, S., Štruncová, E., Beránková, T. 2020. *Metodika regulace a eradikace invazních druhů raků: výběr vhodných metod v závislosti na charakteru vodního útvaru: certifikovaná metodika* [online]. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, [cit. 2022-01-26]. ISBN 978-80-87402-93-1. Dostupné z:

https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/raci2017/docvystupy/metodikaraci/metodika_invazni_raci.pdf

Svobodová, J., Fischer, D., Svobodová, E., Vlach, P. 2016. Periodické vysychání toků: další faktor negativně ovlivňující populace našich raků. – *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* (3): 2016, 34–38.

Svobodová, J., Vlach, P., Fischer, D. 2010. Legislativní ochrana raků v české republice a ostatních státech Evropy. *VTEI Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* [online].4(52), 1-5 [cit. 2022-01-27]. ISSN 1805-6555. Dostupné z: https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2015/08/vtei_2010_4.pdf

Svobodová, J., Fischer, D., Svobodová, E., Vlach, P. 2016. Periodické vysychání toků: další faktor negativně ovlivňující populace našich raků. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, roč. 58, č. 3, str. 34–38. ISSN 0322-8916.

Štambergová, M., Svobodová, J., Kozubíková, E. 2009. *Raci v České republice* (Crayfish in the Czech Republic). – AOPK ČR, Praha, 255 pp.

Tirelli, T., Mussat Sartor, R., Bona, F., De Biaggi, E., Zocco, D., Badino G. 2008. Census of *Austropotamobius* genus in four Districts of Piedmont (Western Italy) *Boll. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino*, 25 (2) pp. 159-171

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

Vlach, P., Fischer, D. 2017.: *Decapoda*, pp. 98–102. In: Hejda R., Farkač J., Chobot K. [eds]: Červený seznam ohrožených druhů České republiky, Bezobratlí. Příroda, Praha, 36 [2017], 610 pp.

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

Vlach, P., Svobodová, J., Fischer, D. 2013. Stone crayfish in the Czech Republic: how does its population density depend on basic chemical and physical properties of water? – *Knowledge And Management Of Aquatic Ecosystems*, 2013, 407: 1–13.

Vlach, P., Melichar, V. 2016. *Příspěvek k rozšíření raka říčního v České republice*. – Ms. [depon. in AOPK ČR, Kaplanova 1931/1, 148 00 Praha 11 – Chodov].

Vlach, P., Fischer, D. 2018. Nové poznatky o rozšíření raků v CHKO Brdy New knowledge about the crayfish occurrence in the Brdy Protected Landscape Area. *Bohemia centralis* [online].34, 219–229 [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/074/069813.pdf?seek=1568203408>

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

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

11 PŘÍLOHY

11.1 PŘÍLOHA APLIKACE RACI V ČR

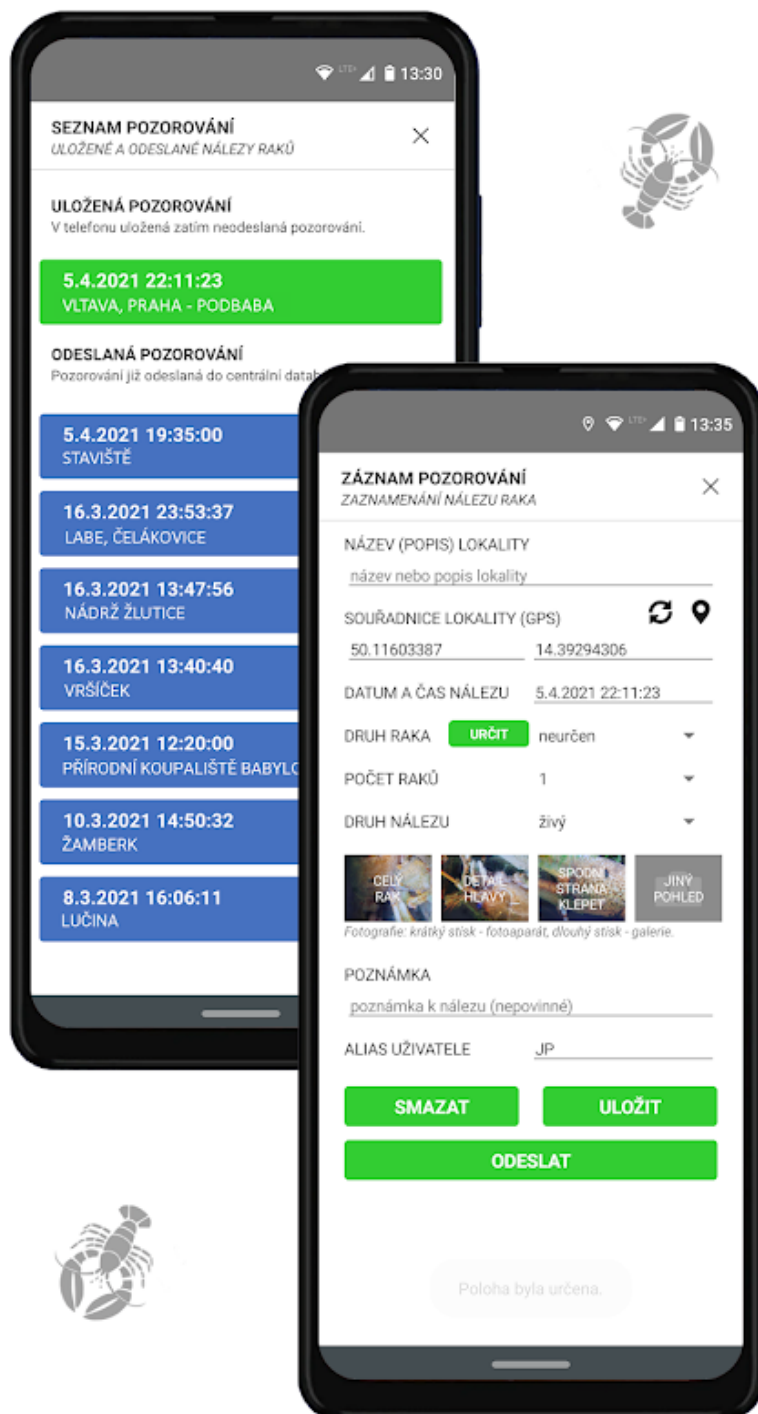
RACI V ČR

POZNÁVEJTE A CHRAŇTE NAŠE RAKY



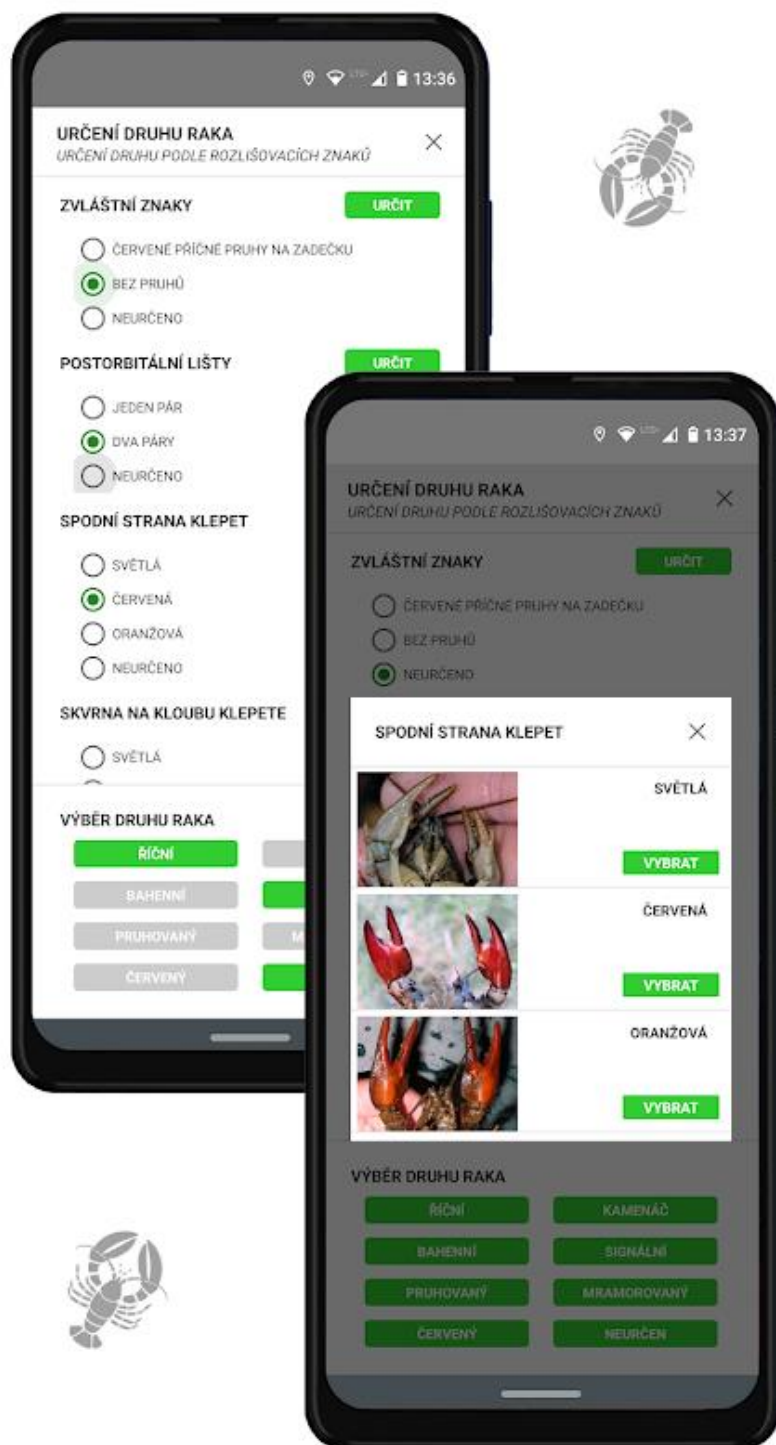
NÁLEZY RAKŮ

ZAZNAMENÁVEJTE A ODESÍLEJTE NÁLEZY



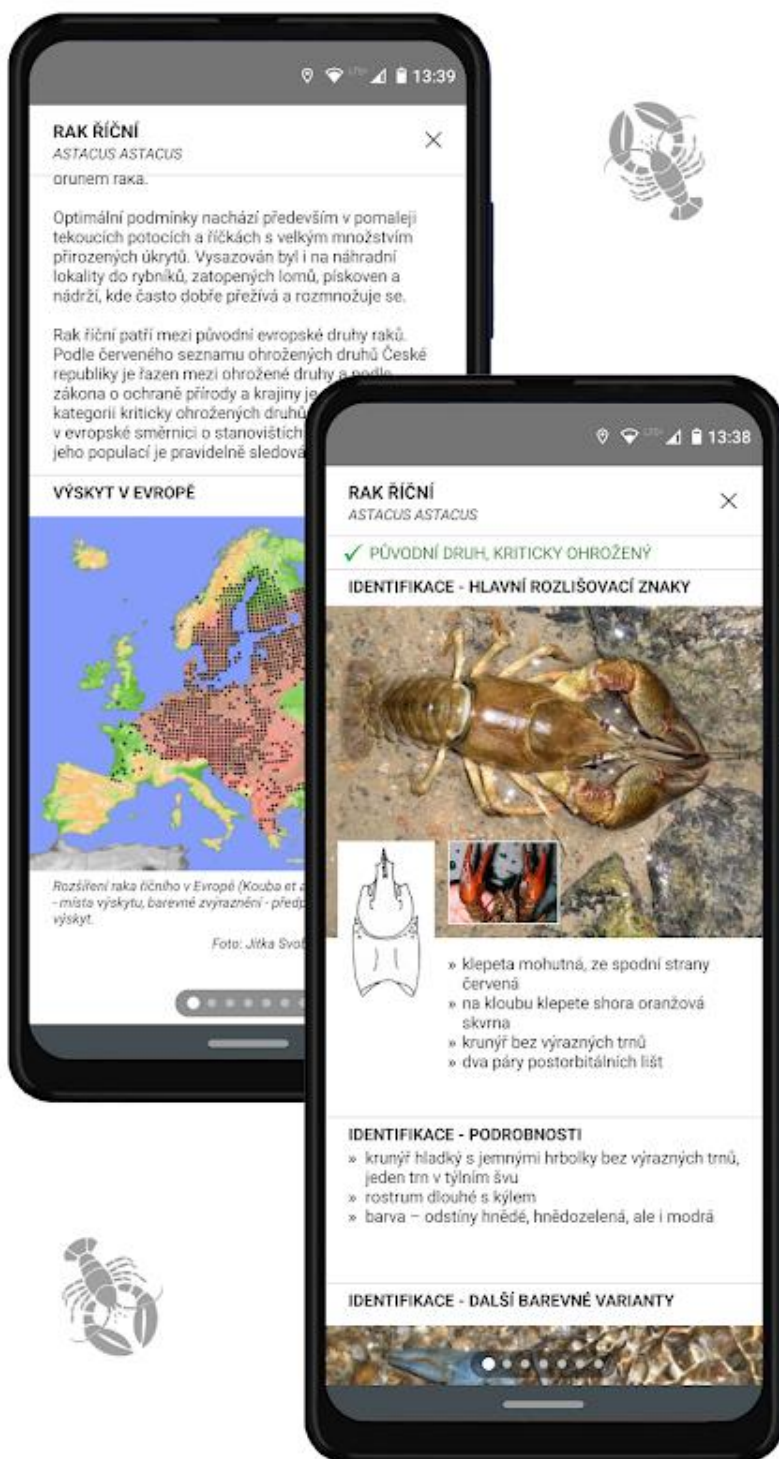
URČENÍ DRUHU RAKA

URČETE DRUH PODLE ROZLIŠOVACÍCH ZNAKŮ



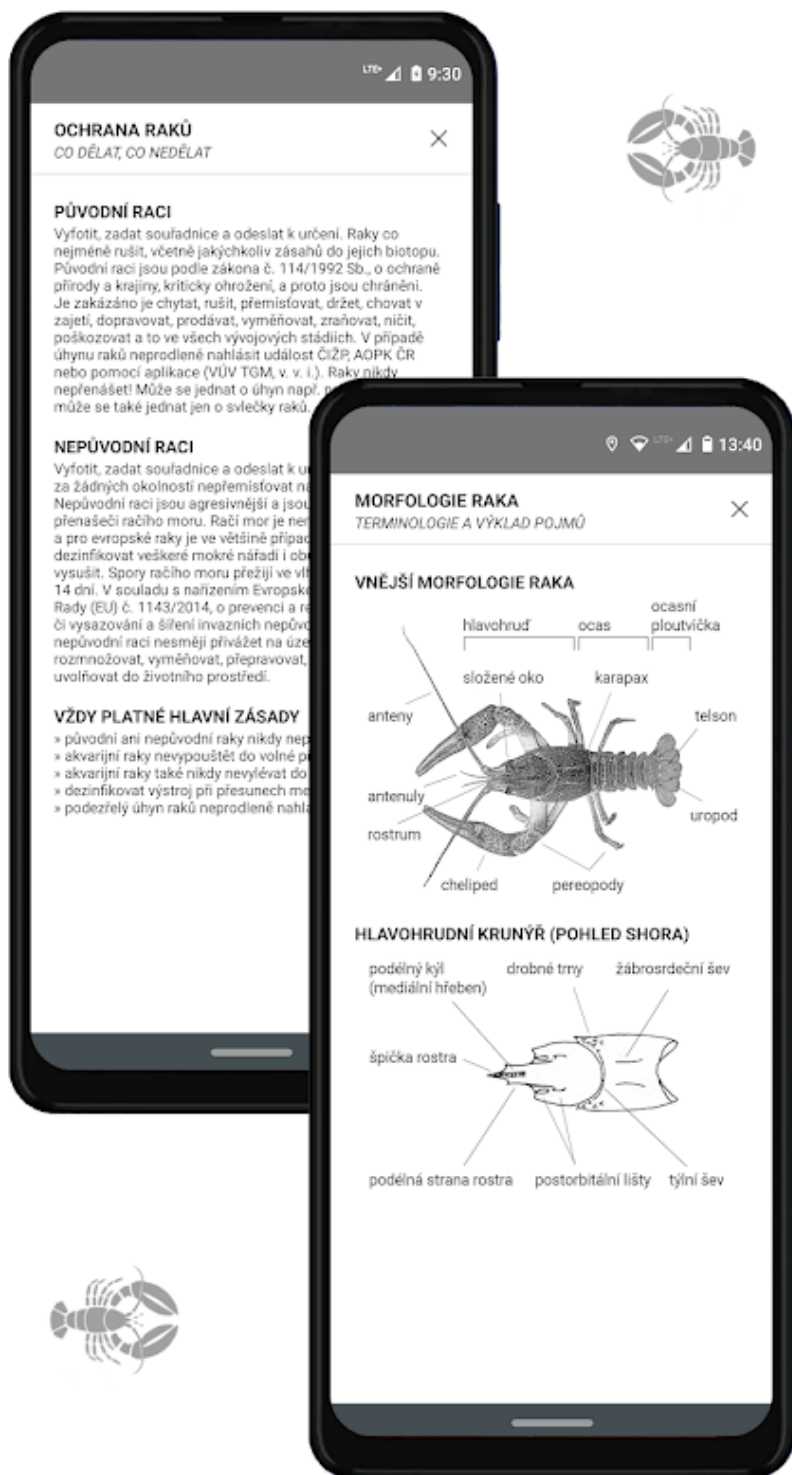
ROZLIŠOVACÍ ZNAKY

SEZNAMTE SE S PŮVODNÍMI DRUHY RAKŮ



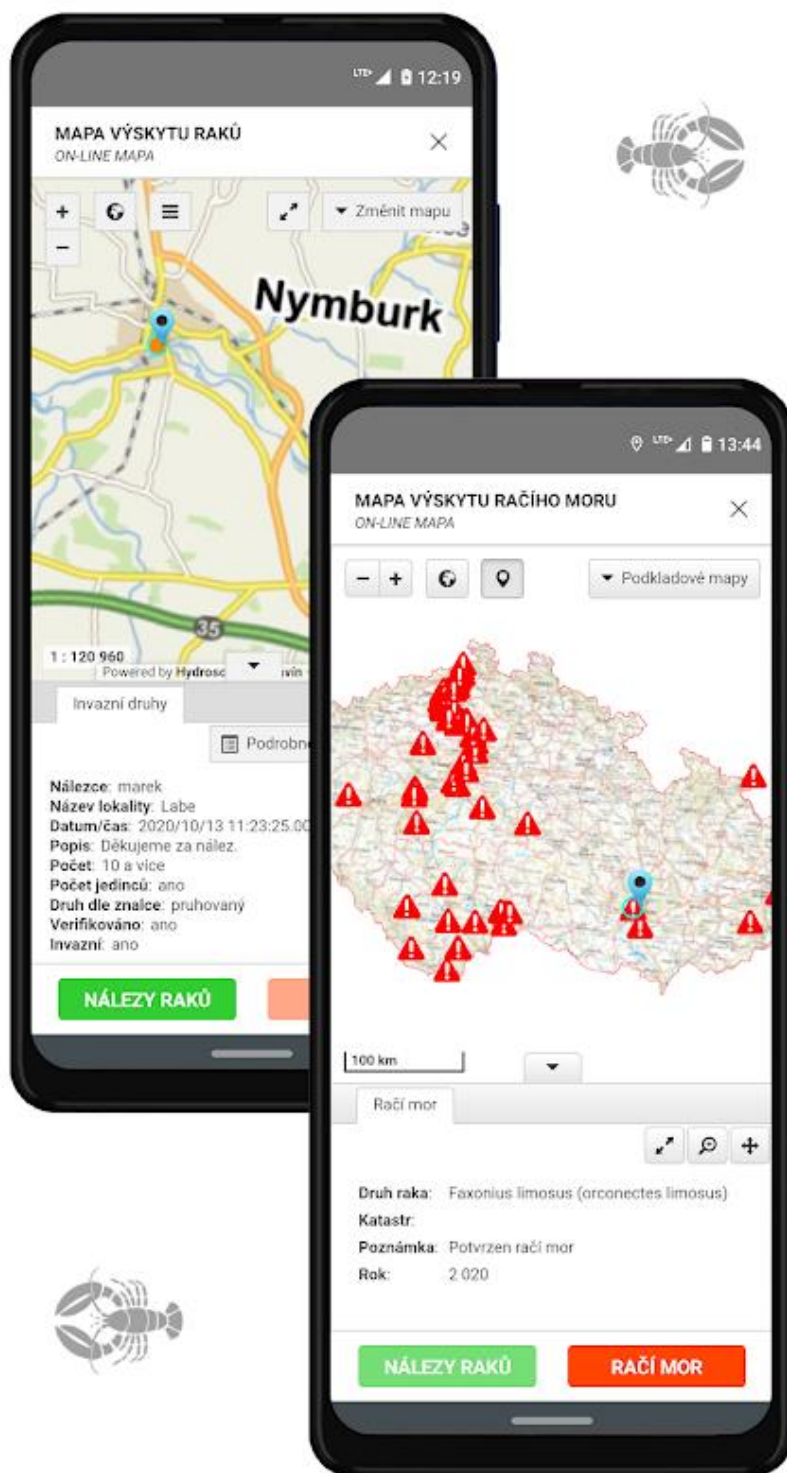
DALŠÍ INFORMACE

ZÍSKEJTE SOUVISEJÍCÍ INFORMACE



ON-LINE MAPY

PROHLÉDNĚTE SI ON-LINE MAPY



11.7 PŘÍLOHA TABULEK Z JEDNOTLIVÝCH TOKŮ

PŘEŠÍNSKÝ POTOK

11-12.9.2021

	DÉLKA TĚLA	POHLAVÍ	ZVLÁŠTNOSTI	BARVA OZNAČENÍ
1.	79,95	♂	Potočnice, redukované levé klepeto	Modrá
2.	67,1	♂	redukované levé klepeto	Žlutá
3.	70	♀	Potočnice	Modrá
4.	80,1	♂	X	Červená
5.	72,1	♀	X	Zelená
6.	72,2	♀	X	Červená
7.	59,8	♂	X	Modrá
8.	63	♀	X	Žlutá
9.	57,35	♀	X	Zelená
10.	61,8	♀	X	Červená

MÍTOVSKÝ POTOK

12.-13.9 2021

	DÉLKA TĚLA	POHLAVÍ	ZVLÁŠTNOSTI	BARVA OZNAČENÍ
1.	62,6	♀	Chybí levé klepeto	Červená
2.	66,1	♀	X	Zelená
3.	52,4	♂	X	Žlutá
4.	58,4	♂	X	Modrá
5.	62	♂	Chybí pravé klepeto	Červená
6.	56,2	♀	Chybí pravé klepeto	Žlutá
7.	52,5	♂	X	Zelená
8.	51,7	♂	X	Červená
9.	52,3	♀	X	Červená
10.	53,1	♂	X	Zelená

Kornatický potok

22-23.9 2021

	DÉLKA TĚLA	POHLAVÍ	ZVLÁŠTNOSTI	BARVA OZNAČENÍ
1.	75,6	♂	X	Zelená
2.	62,5	♂	potočnice	Modrá
3.	65,1	♂	X	Červená
4.	61,8	♀	X	Modrá
5.	59,7	♂	X	Žlutá
6.	65,2	♀	X	Červená
7.	70,4	♂	X	Žlutá
8.	60,7	♀	X	Zelená
9.	59,6	♀	X	Červená
10.	55,7	♂	X	Modrá