

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



Nepůvodní druhy raků v Evropě a České republice

Bakalářská práce

Autor práce: Denisa Javorská

Obor studia: FAPPZ

Vedoucí práce: Ing. Jiří Patoka, Ph.D., DiS.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Nepůvodní druhy raků v Evropě a České republice" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21. 4. 2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Jiřímu Patokovi, Ph.D., DiS. za vedení mé bakalářské práce, cenné rady, trpělivost, poskytnuté materiály a vynikající spolupráci. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině, přátelům a příteli, kteří mi byli po dobu mého studia vždy oporou.

Nepůvodní druhy raků v Evropě a v České republice

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá především nepůvodními druhy raků vyskytujícími se ve volných vodách na území České republiky a problémy, které jsou s nimi spojené. V současné době se v české astakofauně nachází šest druhů raků, ovšem jen dva z nich jsou druhy původními. Jedná se o raka říčního (*Astacus astacus*) a raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Další tři druhy do České republiky pronikly samovolně či vinou člověka během 19. a 20. století. Jedná se o raka bahenního (*Astacus leptodactylus*), raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) a raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*). V roce 2015 se ve volných vodách objevil i rak mramorovaný (*Procambarus fallax* forma *virginialis*) a na hranici s Německem se vyskytuje už i rak červený (*Procambarus clarkii*). Další hrozbu představuje *Cherax destructor*, který se zatím ve volných vodách nevyskytuje ale je zde rozšířený v akvaristických chovech.

Raci severoamerického původu (rak signální, rak pruhovaný a rak mramorovaný) se stali silnými konkurenty pro původní druhy. Navíc si ze své domoviny dovezli i pro evropské raky letální nemoc (račí mor) a v České republice působí jako přenašeči. Evropské druhy nejsou na tuto nemoc dostatečně imunní a nemoci podléhají. Populace původních druhů decimuje i lidská činnost, například znečištěním vodních toků či jejich úpravami. Problematika regulace a šíření nových druhů se stala celosvětovým problémem.

V obecné části práce je zpracována literární rešerše, ve které jsou shromážděny základní poznatky o rozšíření všech sladkovodních raků a o jejich biologii. Popsán je také význam původních druhů a systematika v rámci celé Evropy. Dále se práce zaměřuje na determinaci a aktuální výskyt jednotlivých nepůvodních druhů v České republice. Na závěr literární rešerše je řešeno ohrožení původních druhů v české astakofauně, které převážně způsobují právě nepůvodní druhy.

V praktické části práce je řešen dotazníkový průzkum, který byl určen pro veřejnost se zájmem o přírodu. Pro výzkum byly vybrány lokality v zoologických zahradách. Odpovědi dotazovaných byly následně zpracovány a vyhodnoceny. Účelem dotazování bylo zjistit, jak je na tom veřejnost s rozpoznáváním jednotlivých druhů raků. Výsledky také ukazují na aktuální informovanost lidí ohledně problematiky raků. Z výsledků vyplynulo, že aktuální informovanost veřejnosti a schopnost raky determinovat je nedostatečná. V závěru práce jsou autorkou navrhována opatření, díky kterým by byla veřejnost více informována, což by napomohlo předcházet dalšímu šíření nepůvodních druhů.

Klíčová slova: biologické invaze; invazní druhy; determinace; Astacidae; Cambaridae; Parastacidae

Non-native crayfish species in Europe and in the Czech Republic

Summary

This bachelor thesis is focused mainly on non-native crayfish species that occur in the free waters of Czech Republic and also on problems that are connected with them. Currently there are six crayfishes species in Czech astacofauna, although only two of them are native to this area, namely *Astacus astacus* and *Austropotamobius torrentium*. Next three species invaded the territory of the Czech Republic spontaneously or by the human activities within 19th and 20th centuries. *Astacus leptodactylus*, *Orconectes limosus* and *Pacifastacus leniusculus*. In 2015, even *Procambarus fallax* f. *virginalis* was recorded for first time in the country and on the border with Germany there occurs also *Procambarus clarkii*. Moreover, threat represents *Cherax destructor* has not yet appeared in the free waters, but is widely spread in the aquarium breeds and was previously evaluated also as risky species.

North American crayfishes (*Pacifastacus leniusculus*, *Orconectes limosus* and *Procambarus fallax* f. *virginalis*) have become a strong competition for the native species. They introduced also associated non-native infectious disease (crayfish plague) and acts as its vectors in the Czech Republic. European species are not immune to this disease and it is often lethal. The native population is also decimated by human activities, for example by water pollution or by waterbodies alterations. The mitigation and spread of new species is a world wide problem.

The general part of the thesis, is compiled from literature search where basic knowledge about spread of all freshwater crayfish and their biology is presented. There is also described an importance of native species and the systematics within the entire Europe. This thesis is also focused on determination and current presence of non-native crayfish species in the Czech Republic. Finally, there is also mentioned conservation of native crayfish species in Czech astacofauna which is mainly caused by the non-native species.

The practical part consists from questionnaire survey focused on the public with interests in wildlife. For the survey, there were chosen localities in certain zoo gardens. Answers of respondents were consequently analysed and evaluated. The purpose of the questionnaire was to check if the general public is able to determine the crayfish species. The results also show current knowledge of respondents about crayfish's problematics. The results revealed that current knowledge and ability to determine them is poor and insufficient. In the conclusion

of the thesis, there are mentioned some proposed solutions that might improve knowledge of the public and that would help to prevent further spread of non-native crayfish species.

Key words: biological invasions, invasive species, determination, Astacidae, Cambaridae, Parastacidae

OBSAH

1 ÚVOD	1
2 CÍL PRÁCE	2
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE	3
3.1 Původ a rozšíření raků.....	3
3.2 Biologie raků.....	5
3.2.1 Vnější stavba	5
3.2.2 Pohlavní soustava	9
3.2.3 Rozmnožování a vývoj jedinců.....	10
3.2.4 Růst	12
3.2.5 Potrava.....	13
3.2.6 Predátoři raků	14
3.3 Význam raků	14
3.4 Přehled a systematika raků v Evropě.....	15
3.4.1 Systematika raků	15
3.4.2 Původní druhy	16
3.4.3 Nepůvodní druhy	17
3.5 Determinace raků v České republice.....	18
3.5.1 Původní druhy	18
3.5.2 Nepůvodní druhy	21
3.6 Nároky raků v České republice na kvalitu vody	28
3.7 Mapování nepůvodních druhů v České republice.....	30
3.8 Ohrožení původních druhů	36
3.8.1 Degradace prostředí	36
3.8.2 Znečištění vodního prostředí	38
3.8.3 Nepůvodní predátoři	41
3.8.4 Šíření nepůvodních druhů raků	42
3.8.5 Související legislativa	46
4 METODY A MATERIÁL	50
5 VÝSLEDKY	51
6 DISKUZE	56
7 ZÁVĚR	61
8 SEZNAM LITERATURY	62

1 ÚVOD

Raci představují evolučně starší skupinu organismů. Současný stav původních populací raků žijících ve volné přírodě v České republice, respektive v celé Evropě, se však v porovnání s minulostí značně liší. V minulosti byly součástí jedné z dominantních složek bentické fauny, ale od 19. století začaly být původní druhy ohrožovány celou řadou vlivů, což vedlo ke ztrátě početnosti jejich populací. Pokles početnosti způsobují především nepůvodní druhy a nevhodné zásahy člověka do vodních ekosystémů. Oslabení populací původních druhů v české astakofauně se následně projevilo ve snížené kvalitě vodního prostředí, biologických společenstev a změně daných ekosystémů. Raci představují největší zástupce sladkovodních bezobratlých živočichů a plní nezastupitelnou roli velkých makrofágů ve vodních ekosystémech, tzv. jejich role je klíčová v daném ekosystému. Snížením jejich početnosti vzniká nadbytek makrofyt a úbytek důležitých potravních zdrojů (larev hmyzu, větších vodních bezobratlých). Tímto úbytkem se snižují další konzumenti, tedy obojživelníci a měkkýši a ovlivňuje se druhové složení ichtyofauny.

Přestože raci patří mezi populární živočichy, znalosti o existenci a šíření nepůvodních druhů, potažmo o nebezpečí, které představují pro druhy původní, nejsou mezi veřejností příliš rozšířeny. V České republice jsou původní pouze dva druhy raků – rak říční a rak kamenáč. Vlastní migrací nebo za pomoci lidí (ať už vědomě či nevědomě) byly na území České republiky zavlečeny i další druhy. V této práci jsou zmiňovány pouze druhy, které se běžně vyskytují ve volných vodách, tedy rak bahenní, rak pruhovaný a rak signální. Dále pak rak mramorovaný, který má k volnému rozšíření v České republice zatím nejbližší. Nicméně druhů, které představují další hrozby pro českou astakofaunu, je mnohem více. Bohužel, vzhledem k výskytu v okolních státech, je pravděpodobně jen otázkou času, než se do volné přírody v České republice dostanou také. Toto tvrzení podporuje také fakt, že se zmiňované druhy vyskytují v akvaristických chovech. Někteří chovatelé by mohli u těchto druhů, preferovat humánnější řešení než usmrcení, a po přemnožení či po ukončení chovu je vypustit do volné přírody. V tomto případě je otázkou, zda jsou si vědomi rizik spojených s nepůvodními druhy, a možných až katastrofálních důsledků.

Tato bakalářská práce se zabývá především problematikou nepůvodních druhů raků, tedy jejich biologií, determinačními znaky jednotlivých taxonů a současným rozšířením v přírodě České republiky. Dále se zabývá problémy, které zapříčiňují úbytek původních raků. Práce zahrnuje také dotazníkový průzkum, který hodnotí znalosti veřejnosti a schopnost determinovat jednotlivé druhy raků vyskytující se v Evropě, respektive v České republice.

2 CÍL PRÁCE

1. Shromáždění informací o nepůvodních druzích raků vyskytujících se v přírodě České republiky. V současné době se zde nachází rak bahenní, rak signální, rak pruhovaný a rak mramorovaný.
2. Provedení dotazníkového výzkumu, který obsahuje osm obrázků vybraných druhů raků vyskytujících se napříč Evropou. Cílem je ověření znalostí lidí o racích a schopnosti jednotlivé taxony správně determinovat. Výzkum je určen pro veřejnost se zájmem o přírodu v různých věkových kategoriích. Získaná data se porovnájí s informacemi z rešeršní části práce a následně budou konfrontována s aktuálními problémy spojenými s astakofaunou. Na závěr bude navrženo několik důležitých opatření, která by měla pomoci managementu ochrany původní české astakofauny.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

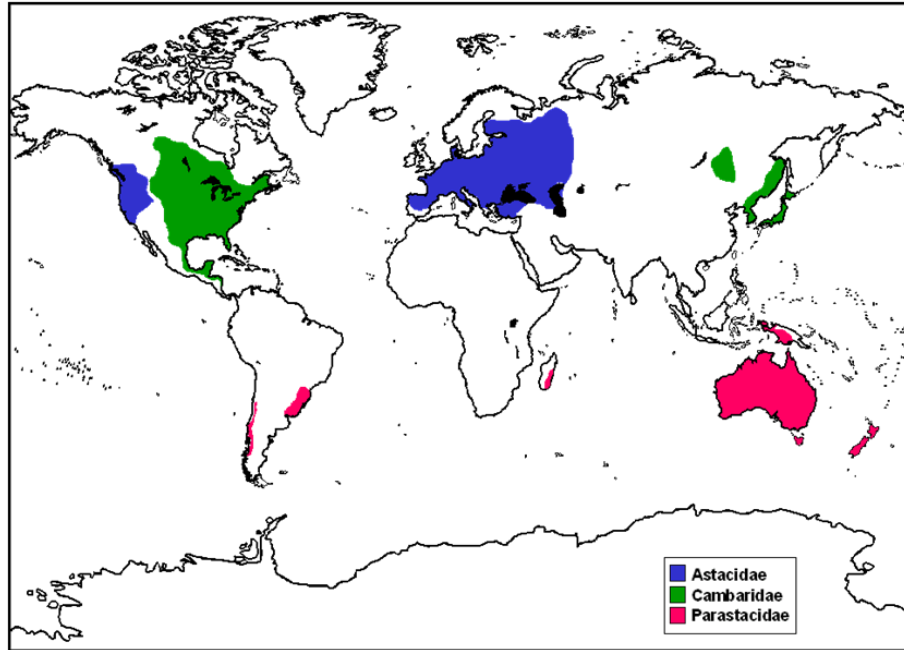
3.1 Původ a rozšíření raků

Raci se objevili na Zemi na konci permského období, tedy před cca 250 miliony let (Breinholt et al., 2009). V dnešní době je prokázán společný fylogenetický původ všech sladkovodních raků. Nejbližší sesterskou skupinou jsou mořští humři (čeleď Nephropidae). S raky mají společného předka, který obýval koncem prvohor praoceán Paleotethys, a který byl pravděpodobně také sladkovodním tvorem (Crandall, 2006; Breinholt et al., 2009). Mezi významné znaky, které podkládají toto tvrzení, patří funkční adaptace zadečku samic k péči o zvětšená vajíčka a mláďata (Scholtz, 2002).

Předkové raků se odštěpili od mořských humrů koncem triasu (před cca 215 miliony let), opustili praoceán a vystoupili v jediné populaci z moře do sladkých vod v oblasti dělicího se prakontinentu Pangey. V období rané jury zřejmě došlo k oddělení populace raků žijících na jižní polokouli od raků žijících na severní polokouli a jejich hromadným migracím do vzdálenějších oblastí. Dnes představují největší sladkovodní zástupce bezobratlých živočichů (Feldmann and Schweitzer, 2006).

Celkový počet druhů raků na Zemi není v žádné publikaci přesně doložen. De Grave et al. (2009) uvádějí 592 dosud popsáných druhů náležejících do tří čeledí (Astacidae, Cambaridae a Parastacidae). Crandall and Buhay (2008) uvádějí 638 druhů. Reynolds and Souty-Grosset (2011) později publikovali 650 druhů. Počty nejsou zdaleka konečné. Každoročně je popsáno několik nových druhů, které jsou zatím vědě neznámé (Taylor and Schuster, 2010).

Jejich rozšíření je nerovnoměrné. Druhově nejbohatší je Severní Amerika (s více než 400 druhy), následuje Austrálie, Tasmánie, Nový Zéland a Nová Guinea (s více než 100 druhy). Mezi faunisticky chudé regiony patří Jižní Amerika (s deseti druhy), Evropa a Malá Asie (s devíti druhy), ostrov Madagaskar (s pěti druhy) a východní Asie (se čtyřmi druhy). Nevyskytují se v Antarktidě. Původně se nevyskytovali ani na kontinentální části Afriky, ale i sem bylo zavlečeno několik druhů (Crandall et al., 2000; Holdich et al., 2006).



Obr. 1: Schéma současného rozšíření raků na Zemi, převzato z: <http://iz.carnegiemnh.org/crayfish>

Na mapě je znázorněno:

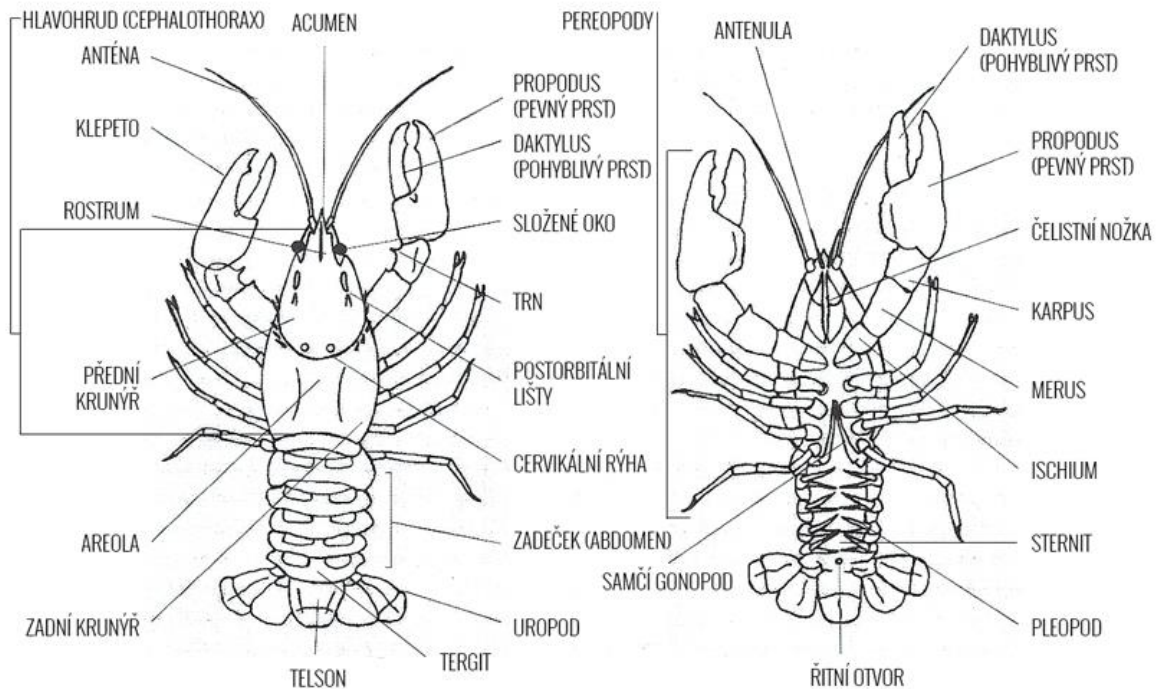
- **modrou barvou** oblast výskytu na severní polokouli, kterou obývá nadčeleď Astacoidea s čeledí Astacidae a podčeleděmi Astacinae a Pacifastacinae. Podčeleď Astacinae s rody *Astacus* a *Austropotamobius* obývají západní část Eurasie. Podčeleď Pacifastacinae a rodem *Pacifastacus* a dvěma podrody *Hobbastacus* a *Pacifastacus* obývají Severní Ameriku.
- **zelenou barvou** oblast výskytu v Severní Americe a ve východní Asii, kterou obývá nadčeleď Astacoidea s čeledí Cambaridae.
- **růžovou barvou** oblast výskytu na jižní polokouli, kterou obývá nadčeleď Parastacoidea s čeledí Parastacidae.

Nadčeledi Astacoidea a Parastacoidea po rozpadu Pangey obývají protilehlé zemské polokoule a jsou rozděleny tropickým pásmem, kde se vyskytují sladkovodní krabi (Hobbs, 1988; Crandall et al., 2000). Nadčeledi se po oddělení začaly vyvíjet separovaně, z čehož pramení různé morfologické odlišnosti (Patoka et al., 2015).

3.2 Biologie raků

3.2.1 Vnější stavba

Tělo raka se skládá z hlavohruďi (cephalothorax), zadečku (abdomen, pleon) a devatenácti párů končetin (Holdich, 2002).



Obr. 2: Vnější stavba těla raka, upraveno podle Pöckla et al., 2006

Celé tělo je kryto vnějším krunýřem – exoskeletem, který pokrývá tělní články spojené pružnou membránou. Na těchto člancích leží 4 typy destiček – hřbetní (dorzální) tergit, břišní (ventrální) sternit a dva boční (laterální) pleurity (Holdich, 2002; Kozák et al., 2014).

Krunýř obsahuje mnoho pigmentů, jejichž kombinace způsobuje finální zbarvení jednotlivých druhů. Většina pigmentů se rozkládá při vysokých teplotách, jsou tedy termolabilní. Výjimkou je červený crustaceorubin, který je termostabilní. Tato skutečnost se projeví právě při vaření, kdy se odbourají všechna ostatní barviva a vynikne to červené (Holdich, 2002; Kozák et al., 2014).

Krunýř je vylučován pokožkou (hypodermis), která slouží k ochraně a také opoře úponu svalů. Pokožka je kryta silnou vrstvou kutikuly, která je tvořena hlavně dusíkatým polysacharidem – chitinem. Kutikula je dále tvořena proteiny, minerálními solemi (uhličitanem vápenatým, fosforečnanem vápenatým), glykoproteiny, volnými aminokyselinami,

polymerizovanými lipidy, fenoly, vodou a pigmenty – karotenoidy a melaninem (Kozák et al., 2014).

Hlavohrud' (cephalothorax) vzniká srůstem pěti hlavových a osmi hrudních článků. Svrchní stranu a boky kryje celistvý hlavohrudní krunýř – karapax, na jehož povrchu se nachází týlní (cervikální) brázda a jeden pár žaberních (branchiálních) brázd. Hřbetní strana karapaxu je srostlá s tělem (Holdich, 2002; Kozák et al., 2014).

Boky karapaxu (branchiostegity) jsou široké kožní záhyby a kryjí žaberní komory po obou stranách těla. Při základech hrudních končetin se nacházejí štěrby, kterými proudí čerstvá voda do žaberních komor. Nasátí kalu a hrubších mechanických částic do žaberní komory brání okraje, které jsou opatřeny hustými štětinami (Hobbs and Hobbs, 1987; Kozák et al., 2014).

Karapax vybíhá mezi očima směrem dopředu a tvoří nápadný čelní trn neboli rostrum. Končí jedním párem silnějších trnů, z nichž vybíhá trojúhelníková špička neboli apex tvořící silný trn. Tento trn chrání raka před útokem predátorů zepředu. Tvar rostra se u jednotlivých druhů odlišuje (Hobbs and Hobbs, 1987; Souty-Grosset et al., 2006). Po stranách rostra, na pohyblivých stopkách, se nacházejí velké složené oči, se kterými rak může samostatně pohybovat (Vogt, 2002). Raci mají zrak dobře vyvinutý a uzpůsobený i pro tmu (Vogt, 2002; Patoka, 2008).

Spodní povrch hlavohrudi představuje úzká, dozadu se rozšiřující hrudní destička (sternum), která je umístěna mezi bázemi hrudních končetin a tvořena srůstem sternálních destiček jednotlivých hrudních článků. Jsou spojené širokými proužky pružné kutikuly, která rakům umožňuje sbalit zadeček dolů (Hobbs, 1974a; 1974b; Hobbs et al., 1977; Holdich, 2002).

Mezi hlavovou a hrudní částí se nachází mělká týlní rýha (sutura cervicalis), která se prohýbá kaudálním směrem. Od týlní rýhy vybíhají po hrudní části dvě podélné žábrosrdečné rýhy někdy také nazývané švy (suturae branchiocardiales). Prostor mezi nimi se nazývá areola (Holdich, 2002).

Zadeček (abdomen) je článkovaný a přibližně stejně dlouhý a široký jako hlavohrud'. Výjimkou jsou polosuchozemští raci rodu *Engaeus* a *Engaewa*, kteří mají zadeček zmenšený. Tito raci ho totiž nepoužívají k útěku, který u ostatních druhů probíhá rychlými pohyby plaváním dozadu. Ostatní raci ho používat musí a převážnou část svalů mají právě v zadečku. Je tvořen šesti širokými a krátkými články, které jsou spojeny pohyblivými klouby a měkkou membránou. Svrchní (tergity) a boční (pleurity) štítky článků tvoří pevný ochranný krunýř. Pleurální části krunýře jsou tvořeny postranními deskami umístěnými po stranách zadečku a plní obrannou funkci. Samice si šířkou postranních desek vymezují okraje inkubačního prostoru

(marsupia) pro vajíčka. U raků se dále nachází plochá ocasní destička, tzv. telson, která je pohyblivá a nasedá na zadní okraj šestého zadečkového článku. Telson není pravým tělním článkem a nese tedy žádné končetiny. Na jeho spodní straně se nachází řitní otvor (Holdich and Reeve, 1988; Holdich, 2002; Vogt, 2002; Patoka a kol., 2012). Každý pravý tělní článek nese po jednom páru končetin. Většina je dvouvětvá, tvořená vnější větví (exopodit) a vnitřní větví (endopodit). Větve společně vybíhají z bazálních článků – basis a koxopodit. Vnitřní větev bývá silnější a navazuje na bazální články sérií pěti kloubně spojených článků. Bez kloubního napojení jsou tykadla a pleopody. Vnější větev obvykle bývá zakrnělá či zcela chybí.

Specifickou funkcí při napadení predátorem je autotomie končetiny. Raci mají vysokou schopnost regenerace, tj. schopnost dorůstání ztracených končetin. Ztracená část bývá nahrazena a postupně se zvětšuje při každém dalším svlékání. Většinou už ale nedosáhne původní velikosti. Stavba končetin se odlišuje u jednotlivých druhů (Hobbs, 1794a; Holdich, 2002; Patoka, 2008).

Na hlavovou část připadá pět párů končetin – cephalopody (dva páry tykadel, dva páry čelistí a kusadla).

Tykadla prvního páru (antenuly) jsou štíhlé, bičovité a jsou tvořena sérií několika desítek kruhových článků, spojených pouze úzkou membránou. Mají smyslovou funkci – čich a hmat (Holdich, 2002; Kozák et al., 2014).

V antenulách jsou uloženy statocysty, které napomáhají rakům udržovat rovnováhu. Statocysty jsou chitinozní váčky vystlané brvami, které reagují na tlak a pohyb cizorodého tělíška, například na zrnko písku, sedimentu (statolitu). Při svlékání krunýře rak ztrácí i statolit, který nahrazuje novým tím, že se klepety hrabe v substrátu a poté si je otírá o bázi tykadel. Statocysty také mohou blokovat signály jdoucí od končetin, které poskytují informaci o substrátu (Hama and Takahgata, 2005).

V antenulách jsou také uloženy chemoreceptory, které vnímají pachové a chuťové podněty (Vogt, 2002).

Tykadla druhého páru (anteny) mají rovněž hmatovou funkci. Jsou tvořeny jediným bazálním článkem (protopodit). Ten je pohyblivě spojen s trojúhelníkovou destičkou, scaphoceritem (tykadlová nebo antenální šupina), zakončenou ostrým trnem. V porovnání s ostatními desetinožci raci plavou méně, jsou těžší a robustnější, a proto jsou jejich scaphocerity málo vyvinuty. Jejich scaphocerit a rostrum ztratily stabilizační funkci při útěku. Útěkový pohyb raka je přímočarý, rak obtížně mění směr (Holdich, 2002; Kozák et al., 2014)

Dva páry čelistí předávají potravu jednomu páru kusadlům.

Kusadla (mandibuly) jsou umístěny po stranách ústního otvoru, kde potravu stříhají a drtí. Jsou krátká, robustní a jsou tvořeny bází původních dvouvětých končetin, srostlé z bazálních článků. Vnitřní okraj je tvořen ostrým krájecím neboli incizorním břitem, který je členěný do okrouhlých masivních zubů. Po stranách mají masivní žvýkáci (molární) plošky. Hmatovou funkci na kusadle má tříčlánekové makadlo (palpus), které informuje raka o poloze a charakteru potravní částice zpracované kusadlem (Holdich, 2002; Kozák et al., 2014).

Hrudní část nese osm párů končetin – thorakopodů (tři páry nohočelistí neboli čelistních nožek a pět párů pereopodů či pereiopodů).

Za druhým párem čelistí následují tři páry nohočelistí (maxilopody). Nohočelisti jsou krátké a pomáhají čelistem v manipulaci s potravou. Jsou dvouvěté a vnější exopodity, které leží po stranách úst, kmitají a odvádějí vydýchanou vodu s primární močí vyloučenou pomocí tykadlové žlázy pryč od těla. Také pomáhají svými pohyby měnit vodu v žaberních komorách.

Následuje pět párů kráčivých končetin (pereopodů). Všechny pereopody jsou jednověté, tedy bez exopoditu. První čtyři páry mají na koxálním článku epipodit s žábrou. Poslední pár do žaberní komory nedosáhne. První pár kráčivých končetin patří mezi nejmohutnější kráčivé končetiny a poslední jejich článek tvoří mohutná klepeta (chelipedy). Klepeta je složeno z nepohyblivého palce a pohyblivého prstu. Klepeta sestává z krunýře a silných svalů, které patří k nejmohutnějším svalům celého račího těla. Tato mohutná klepeta rakovi slouží především k obraně, hrabání, útoku, chytání kořisti a přenášení předmětů. Využívá je také při chůzi, kdy se s nimi opírá o zem. Druhý a třetí pár nese drobná klepítka, která jsou štíhlá, slabá a opatřená svazečky štětín. Slouží jim ke kráčení, sbírání drobné potravy a ke šplhání. Poslední dva páry jsou bez klepet a jsou zakončené ostrými drápkami. Raci je používají ke kráčení, ke šplhání a k podávání potravy (Hobbs et al., 1977; Holdich, 2002; Kozák et al., 2014).

Zadečkové články (bez telsonu) nesou šest párů končetin (pět párů pleopodů, jeden pár uropodů). Pleopody a uropody jsou dvouvěté.

Pleopody neboli plovací nožky či zadečkové, mají plovací funkci a jsou přítomny už od raných stádií ráčat. S přibývajícím hmotností jedinců tuto schopnost ztrácejí. Pohyb pleopodů pomáhá rakům přivádět čerstvou vodu k žaberním komorám. Pleopody jsou slabé a k zadečkovým článkům jsou připojeny jen membránou. U samců jsou první dva páry přeměněny na tzv. kopulační nožky neboli gonopody. Poslední článek zadečku nese uropody, které leží po stranách telsonu. Telson s uropody tvoří mohutný ocasní vějíř, který raci používají při útěkové reakci (Holdich, 2002; Kozák et al., 2014).

Samice se liší od samců také tvarem a velikostí zadečku. U samic jsou zadečkové články nápadně rozšířené (Scholtz, 2002). Nejdůležitější rozlišovací znaky jednotlivých druhů jsou tvar a délka rostra, přítomnost podélného kýlu na rostru, velikost a barva klepet, počet a velikost trnů za šíjovým švem, vzdálenost žábrosrdečních švů (šířka areoly), výstupky na povrchu krunýře, vykrojení prstů klepet, počet a tvar postorbitálních lišt (Mourek a kol., 2006).

3.2.2 Pohlavní soustava

Raci jsou gonochoristé, tedy odděleného pohlaví. Samec a samice se od sebe stavbou odlišují (Kozák et al., 2014). Samčí soustava je tvořena párovou a nepárovou částí varlete (testes), chámovody a chámometem (ductus ejacularis), který vypuzuje spermatofoxy do gonopodů. Varlata produkují spermie a jsou mléčně bělavé barvy. Spermie jsou při průchodu chámovodem „zabaleny“ do spermatoforů. Spermatofoxy mají cylindrický tvar a vytvářejí rezistentní třívrstvý obal. Obal ve vodě rychle tvrdne a stává se odolný vůči nepříznivým vlivům prostředí, ve kterém spermie musí vydržet do doby, než dojde k ovulaci vajíček u samice. Interval mezi kopulací (pohlavním aktem) a ovulací (uvolnění vajíček z vaječnicků) se může pohybovat mezi několika dny až týdny.

Samičí soustava je tvořena z vaječnicků (ovárií) a vejcovodů (ovidukty), které při ovulaci vypuzují přes gonopóry vajíčka. Vaječnický mají zrnitou strukturu, kterou způsobují vznikající žlutavě – hnědá vajíčka. Gonády (varlata, vaječnický) se v době páření značně zvětšují. Velikost gonád závisí na věku a reprodukční kondici jedince (Hobbs, 1974b; Ingle, 1977; Vogt, 2002; Kozák et al., 2014).

U čeledí Astacidae, Cambaridae a Parastacidae samci nesou na bázi pátého páru kráčivých končetin vývody pohlavních cest neboli gonopody (přeměněný 1. a 2. pár pleopodů). U samic se vývody pohlavních cest (gonopóry) nacházejí na bázi třetího páru kráčivých končetin.

Samci čeledi Cambaridae se vyskytují ve dvou morfologicky odlišných formách. Před a při reprodukci jsou ve formě I, kdy svým gonopody (pomocný pářící orgán vzniklý funkční přeměnou prvního páru abdominálních končetin) s dlouhými a úzkými hroty umísťují spermatofoxy do tzv. annulus ventralis (spermatéky) samice. Samci formy II se pářit nemohou a mají zaoblené hroty gonopodia. Samci některých druhů setrvávají jen ve formě I, u většiny druhů se ale obě formy periodicky střídají. U samic se nachází mezi sedmým a osmým hrudním článkem (Oluoch, 1990; Holdich, 2002; Skurdal and Taugbøl, 2002; Wetzel, 2002; Martin et al., 2010; Buřič et al., 2011).

Samci čeledi Parastacidae mají vývody pohlavních cest u báze pátého páru a nemají gonopody. Samice mají gonopóry u báze třetího páru kráčivých končetin (Patoka et al., 2015).

3.2.3 Rozmnožování a vývoj jedinců

U evropských raků dochází k vlastnímu páření na podzim. V té době dochází ke zvýšené aktivitě samců, kdy se snaží vyhledat svou partnerku. Toto chování je řízeno hlavně hormony, teplotou vody, fotoperiodou a vlivem feromonů stimulujících páření (Ingle, 1977; Villanelli and Gherardi, 1998; Reynolds, 2002). Například při poklesu teploty vody (optimální teplota je druhově specifická) dochází k reprodukci v již zmíněných podzimních měsících, zatímco v zemích ležících na severu Evropy (Dánsko, Finsko, Norsko, Švédsko, Island) je chladněji a k reprodukci dochází již na přelomu září a října (Faller et al., 2006). Z čeledi Cambaridae bylo u raka pruhovaného zjištěno i jarní období pro reprodukci (Hamr, 2002).

Samec sleduje samici a dostává se s ní do kontaktu pomocí tykadel a klepet. K páření připravená samice neuteče a nechá se samcem přetočit na hřbet. Samec si svými klepety přidrží samici u dna a oba jedinci jsou k sobě přitisknuti břišními stranami. Poté samec vytlačí zralé spermatofoxy a pomocí gonopodů je přilepuje na ventrální stranu samice k vývodům pohlavních cest. Jedná se tedy o vnější oplození (Ingle and Thomas, 1974; Skurdal and Taugbøl, 2002; Vogt, 2002). Lehce odlišně probíhá páření u druhů z čeledi Cambaridae, kde samec umístí své spermatofoxy do annulus ventralis a v průběhu páření navíc uplatňuje svoje háčky ležící na třetím až čtvrtém páru pereopodů, které se zaklesávají za čtvrtý pár pereopodů samice. Samice se při kladení vajíček otáčí na záda a ohýbá zadeček tak, aby vytvořil kapsu zachycující vajíčka. Kladení probíhá v noci po dobu dvou až tří hodin. Tento proces je stimulován vlastním pářením, poklesem teploty vody a zkracováním délky světelného dne (Holdich and Reeve 1988; Holdich, 2002; Skurdal and Taugbøl, 2002; Vogt, 2002). Při kladení vajíček je zahájena sekrece slizových žláz a pomocí pereopodů, a pohybem abdomenu a pleopodů jsou vajíčka smíchána se spermatofoxy, jejichž ochranný akrozomový obal je následně rozpuštěn. Akrozóm spermie naruší chorion vajíčka a dochází k vniknutí jádra spermie do vajíčka neboli k oplození vajíček, která jsou rytmickými pohyby abdomenu přichycena tenkými vlákny v hroznovitých útvarech na pleopody samic (Holdich and Reeve 1988; Holdich, 2002; Vogt, 2002; Burton et al., 2007).

Samice jsou schopné ovulovat i bez vlastního páření. V tomto případě mezi hlavními stimuly ovulace přibývají další abiotické faktory, například podnebí, ovzduší, proudění a koncentrace chemických prvků (Ingle, 1977; Woodlock and Reynolds, 1988).

Inkubace u evropských raků probíhá na pleopodech samice přes celé zimní období až do jara následujícího roku (Skurdal and Taugbøl, 2002). Inkubační doba je ovlivněna především teplotou vody (Policar et al., 2009).

Inkubací je započat embryonální vývoj, který je podle Zehndera (1934) rozdělen do patnácti stádií. Podle Reynoldse (2002) embryonální vývoj prochází přes jednotlivá vývojová stadia, která vedou ke kompletaci těla zárodka. Samice zvýšenou frekvencí pohybu pleopodů přivádí vajíčkům oksličenou vodu (Gherardi, 2002; Vogt and Tolley, 2004).

Vylíhnutá embrya, tedy ráčata v prvním vývojovém stádiu, se vzhledově odlišují od dospělých jedinců. V tomto stádiu zůstávají ráčata stále spojena vaječným obalem přes telsonová vlákna na pleopodách samice. Vlákno zabraňuje ztrátě nesamostatného a málo pohyblivého ráčete a zajišťuje ráčatům výživu. Přichycení telsonovým vláknem může trvat několik hodin až dní. Po ukončení druhého vývojového stadia jsou mladí jedinci podobní dospělým jedincům, vlákna se trhají a ráčata jsou schopná samostatného života. Ráčata některých čeledí se k samici ale přichycují ještě sama, a to pomocí klepet (u čeledi Astacidae) nebo pomocí speciálních háčků, které jsou umístěny na 4. a 5. páru kráčivých končetin (u čeledi Parastacidae). Do prozkoumávání okolí a vyhledávání potravy se ráčata zapojují po druhém či třetím svlékání. Mláďata se zdržují v blízkosti matky ještě nějakou dobu, kdy samice s nimi komunikuje pomocí chemických látek, které vypouští do vody. Jedná se o tzv. mateřské feromony (Little, 1975; Holdich and Reeve, 1988; Reynolds 2002; Vogt and Tolley, 2004; Patoka, 2008).

Mateřská péče se u jednotlivých druhů liší. Ráčata čeledi Astacidae a Cambaridae (pouze východoasijské druhy) se vyznačují brzkou nezávislostí na samici, kdy se ve druhém vývojovém stádiu osamostatňují. Ráčata čeledi Parastacidae a Cambaridae (severoamerické druhy) se vyznačují pozdní nezávislostí na samici, kdy se osamostatňují nejdříve ve třetím vývojovém stádiu (Reynolds, 2002; Wetzel et al., 2005).

Zvláštností je rozmnožování raků mramorovaných. Jsou to také gonochoristi, ale samci se u této formy nevyskytují, protože samice se rozmnožují výhradně partenogeneticky, kdy se z neoplozených vajíček líhnou samičí klony geneticky shodné s matkou. Zde se tedy jedná o „obligátní“ apomiktickou partenogenezi při níž se tyto raci rozmnožují pouze nepohlavně (Scholtz et al., 2003; Pöckl et al., 2006; Martin et al., 2010). Pohlavní dospělost začíná ve věku čtyř měsíců, kdy dosáhnou celkové délky těla přibližně 4 cm. Za velmi dobrých podmínek se rozmnožují po celý rok, s intervalem pouhých osm až devět týdnů. Obecně platí, že plodnost se zvyšuje s velikostí samice. U větších samic se množství produkovaných vajec pohybuje nad

270, u malých samic v rozmezí 50 až 150. Doba inkubace trvá přibližně dva týdny při 27 °C (Vogt and Tolley, 2004; Holdich et al., 2006; Pöckl et al., 2006).

Za zmínku stojí i reprodukční zvláštnost raků pruhovaných. Jestliže si samice nenajdou vhodné samce pro páření, jsou schopné, v závislosti na aktuálních podmínkách prostředí, reprodukce bez účasti samců. Dá se tedy hovořit o fakultativní neboli „příležitostné“ partenogenezi (Buřič et al., 2011). Jedinci vzniklí partenogeneticky (stejně jako u raka mramorovaného) nesou totožnou genetickou informaci s matkou (Groot et al., 2003). V živočišné říši fakultativní partenogenezi využívají například vířníci, buchanky či žraloci kladivouni (Kozák et al., 2014). V řádu desetinožců je tento jev výjimečný a rak pruhovaný s rakem mramorovaným jsou jedinými známými taxony schopnými alternativní strategie rozmnožování (Scholtz et al., 2003; Martin et al., 2010).

Rak pruhovaný se oproti původním druhům, kteří obvykle dospívají během tří až pěti let, vyznačuje poměrně rychlou pohlavní dospělostí a vysokou plodností. V obvyklých podmínkách je tento druh schopný reprodukce již ve druhém roce života. K většímu počtu potomků napomáhá i velikost vajíček, která jsou poměrně malá a na pleopody samic se jich vejde mnohem víc. Uvádí se, že při obvyklé plodnosti je samice schopna vyprodukovat 200 až 300 vajíček (Hamr, 2002; Kozák et al., 2006; 2007).

3.2.4 Růst

Růst raků je podmiňován svlékáním krunýře. Svlékání se dělí na čtyři základní fáze (preecdysis – příprava ke svlékání, ecdysis – vlastní svlékání, postecdysis – období po výměně, interecdysis – období mezi dvěma svlékáními krunýře). Jakmile rak dosáhne určité velikosti a hmotnosti je nucen krunýř svléknout a nahradit větším (Lowery, 1988). Vnitřní fyziologický růst raka pracuje nepřetržitě. Frekvence svlékání je ovlivněna faktory abiotickými (teplotou, fotoperiodou, obsahem rozpuštěného kyslíku ve vodě, pH) a biotickými faktory (hustotou populace, potravou, predátory) (Reynolds, 2002).

Svlékání krunýře (ecdysis) je pro raky vysoce rizikové. Nová kutikula zůstává nějaký čas měkká, a právě v tom čase jedinec roste a je zároveň velmi zranitelný. Často se stává snadnou kořistí mnoha predátorů. Dále v této době raci omezují příjem potravy i pohyb a skrývají se v úkrytech. Stává se, že i během svlékání z důvodu špatného zdravotního stavu či nevhodných vnějších podmínek jim může selhat samotný proces. S rostoucím věkem se frekvence svlékání snižuje, a tím i procentuální přírůstek. V přírodních podmínkách dochází k synchronizaci svlékání, čímž se svlečení raci chrání před vzájemným kanibalismem v dané lokalitě (Holdich, 2002; Reynolds, 2002).

Důležitou roli při svlékání hrají gastrolity neboli rakůvky (bílé až namodralé párové diskovité útvary), které obsahují inkrustující látky. Mezi inkrustující látky patří chitin, fosforečnan vápenatý, uhličitan vápenatý, uhličitan sodný, organické látky rozpustné ve vodě a stopové množství hliníku. Množství inkrustujících látek před svlékáním narůstá a po svlékání se resorbují epitelem střevní dutiny a hepatopankreatu. Následně dochází ke tvrdnutí nového krunýře (Lowery, 1988; Holdich, 2002; Patoka, 2008; Policar et al., 2009).

Období po svlékání (postecdysis) je pro raka velmi energeticky náročné. Dochází k uvolnění zásobních látek z gastrolitů a hepatopankreatu pro rekalcifikaci (obnovení obsahu uhličitanu vápenatého a jeho sloučenin) důležitých částí těla jako jsou kusadla, čelisti, žaludek a kráčivé nohy. Rekalcifikace těla raků probíhá 2 – 4 dny. Ještě i během tvrdnutí krunýře rak stále roste. Poté začíná rak opět přijímat potravu.

Celý proces svlékání je řízen neurohumorálně. Hormony indukující (vyvolávající) svlékání jsou vylučovány tzv. Y – orgánem, který je umístěn v hlavohrudí. Y – orgán syntetizuje hormon ekdyson, který reguluje somatický růst a také zajišťuje regeneraci jednotlivých partií těla. Hormony, které inhibují (zabraňují) proces svlékání, jsou produkovány tzv. X – orgánem, který je umístěn v očních stopkách. X – orgán je místem tvorby neurohormonů, kde dále inhibují vývoj gonád, mandibulární hormony, metabotropní hormony (ovlivňují metabolismus raka) a chromatotropní hormony (tvorba pigmentů v pokožce a krunýři raka) (Reynolds, 2002; Vogt, 2002).

U raků rozlišujeme i samotný růst, který se dělí na izometrický a alometrický. Izometrický růst probíhá zejména u abdomenu a klepet juvenilních jedinců. Alometrický růst probíhá u abdomenu dospělých samic a klepet dospělých samců. Z toho vyplývá, že samci oproti samicím mají více svaloviny v klepetech a méně v abdomenu (Reynolds, 2002).

3.2.5 Potrava

Raci jsou všežravci a využívají rozmanitou stravu rostlinného i živočišného původu. Mohou být herbivorní, detritovoři nebo predátoři. Mezi hlavní složky potravy patří detrit, řasy, makrofyta, jiní raci, různá vývojová stadia obojživelníků a ryb, měkkýši, vodní larvy hmyzu, žížaly, drobní korýši apod. Složení potravy se u raků mění s věkem, ročním obdobím a fyziologickým stavem. Studie potvrdily, že živočišnou stravu preferují ráčata, která se živí převážně malými vodními bezobratlými živočichy. Dospělí raci vyhledávají vodní rostliny, detrit a rozkládající se kousky organického materiálu s mikroorganismy (Goddard, 1988; Nyström, 2002; Souty-Grosset et al., 2006; Reynolds, 2011).

Přijímaná potrava by měla být bohatá na energii pro zachování základních tělesných funkcí (rychlý růst, svlékání, plodnost, úspěšnou reprodukci a konkurenceschopnost). Při jejím nedostatku raci redukují svůj růst a hrozí zvýšené nebezpečí kanibalismu (Ackefors et al., 1992; Reynolds, 2002).

3.2.6 Predátoři raků

Většina raků žije nočním způsobem života. Přesto, že jsou chráněni tvrdým krunýřem, ohrožuje je mnoho živočichů (Krupauer, 1968). Nejvýznamnější predátoři raků jsou úhoři, siveni, pstruzi, okouni, kapři, mníci a jelci tlouští. Raky dále loví štiky, vranky, sumci, mřenky, plotice, líni, hrouzci, parmy a lipani (Bohl, 1987; Hager, 1996). Mezi teplokrevné predátory se řadí norek americký, vydra říční, mýval severní a ondatra pižmová. Příležitostně raky loví rackové, vrány, volavky, čápi, husy, kachny, a dokonce i lišky, potkani a hryzci vodní (Hager, 1996; Ackefors, 1998). Nejzranitelnější jsou v juvenilní fázi a v období po svlékání (Krupauer, 1968). Juvenilní stádia loví ledňáček říční, larvy vážek, larvy šídel rodu *Aeshna*, vodní ploštice a larvy vodních brouků (Hogger 1988; Jonsson, 1992; Nyström 2002).

3.3 Význam raků

Raci jsou ve vodním prostředí nezastupitelnou součástí potravních sítí. Jako bentičtí makrofágové jsou naši původní raci vhodným indikátorem kvality vody a stabilizování vodních biologických společenstev jako destruenti I. řádu, kdy konzumují uhynulá těla vodních a suchozemských živočichů a potlačují tak možnost vzniku nákazy a jejího následného šíření. Ale i raci, a především jejich juvenilní stadia, jsou velmi důležitým článkem v potravním řetězci a stávají se potravou některých vodních a na vodu sekundárně vázaných živočichů (Kozák et al., 2014). Z tohoto důvodu se raci považují za tzv. deštníkové nebo vlajkové druhy, kdy na jejich přítomnost je většinou spojena i s výskytem dalších ohrožených druhů živočichů (pstruh obecný, vranka obecná, mihule potoční). Bývají také označovány za kulturní dědictví (Kozák et al., 2009b).

Nacházejí uplatnění i v laboratořích jako modelové organizmy (Vogt, 2008). Pro laboratorní účely jsou raci chováni nejčastěji v akváriích a menších nádržích. Mnoho větších druhů je chováno v akvaristických hobby chovech (Crandall and Buhay, 2008). Chov raků v domácích akváriích a zahradních jezírkách je celosvětově velmi populární koníček. Česká republika je jedna z předních zemí Evropské unie v oblasti obchodu s okrasnými raky (Patoka et al., 2014a; 2014b). V České republice je v současné době nabízeno 28 druhů raků. Ve velkoobchodech se nejčastěji nabízí *Cherax peknyi* a *Cherax quadricarinatus*. Dříve mezi

nejčastěji nabízené druhy patřili raci červení (*Procambarus clarkii*) a raci mramorovaní (*Procambarus fallax* f. *virginalis*), ale díky Unijnímu seznamu nežádoucích druhů, tyto raci z obchodu mizí (viz. Související legislativa). Dováženi jsou především z Indonésie, Singapuru a Thajska. Jediné dva druhy, se kterými se v České republice neobchoduje, jsou rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) a rak bahenní (*Astacus leptodactylus*) (Patoka a kol., 2012).

3.4 Přehled a systematika raků v Evropě

3.4.1 Systematika raků (Crandall et al., 2000; Regier et al., 2010)

Kmen: Arthropoda (Členovci)

Podkmen: Crustacea (Korýši)

Třída: Malacostraca (Rakovci)

Řád: Decapoda (Desetinožci) – raci, krevety, krabi, poustevníčci, humři, langusty a garnáti

Podřád: Pleocyemata

Infrařád: Astacida (= Astacoida)

Nadčeleď: Enoplometopoidea (mořští humři)

Nadčeleď: Nephropoidea (mořští humři)

Nadčeleď: Astacodea (sladkovodní raci)

Čeleď: Astacidae (evropští a severoameričtí raci)

Podčeleď: Astacinae

Rod: *Astacus*

Druhy vyskytující se na území České republiky: *Astacus astacus*,
Astacus leptodactylus

Rod: *Austropotamobius*

Druh vyskytující se na území České republiky: *Austropotamobius*
torrentium

Podčeleď: Pacifastacinae

Rod: *Pacifastacus*

Druh vyskytující se na území České republiky: *Pacifastacus leniusculus*

Čeleď: Cambaridae (severoameričtí raci)

Podčeleď: Cambarinae

Rod: *Orconectes*

Druh vyskytující se na území České republiky: *Orconectes limosus*,

Rod: *Procambarus*

Taxon vyskytující se na území České republiky: *Procambarus fallax* f. *virginalis*

Podčeleď: Cambarellinae

Podčeleď: Cambaroidinae

Čeleď: Parastacoidea (jižní raci)

Podčeleď: Parastacidae

3.4.2 Původní druhy

Původní (autochtonní) druhy se definují jako druhy, které na konkrétním území vznikly v průběhu evoluce, nebo se na něj dostaly bez přičinění člověka, tzv. vyskytují se na daném území přirozeně (Pyšek a kol., 2008).

Původní druhy Evropy

Český název	Latinský název	Anglický název
Rak říční	<i>Astacus astacus</i>	Noble crayfish
Rak bahenní	<i>Astacus leptodactylus</i>	Narrow-clawed crayfish
-	<i>Astacus pachypus</i>	Thick-clawed crayfish
Rak kamenáč	<i>Austropotamobius torrentium</i>	Stone crayfish
Rak bělonohý	<i>Austropotamobius pallipes</i>	White-clawed crayfish

(Souty-Grosset et al., 2006)

3.4.3 Nepůvodní druhy

Nepůvodní (alochtonní) druhy se definují jako druhy, které se staly na novém místě součástí flóry a fauny tzn. vyskytují se mimo areál svého přirozeného výskytu. Některé z nich jsou zdomácnělé (naturalizované). Tyto druhy se mohou dále šířit, protože jsou schopné v nových podmínkách přežít a rozmnožovat se. Při úmyslném či neúmyslném zavlečení člověkem se tyto druhy označují za introdukované.

Proces navrácení vymizelého druhu se nazývá reintrodukce (Begon et al., 1997; Richardson et al., 2000; Mlíkovský a Stýblo, 2006).

Nepůvodní druhy vyskytující se v Evropě

Český název	Latinský název	Anglický název
Rak signální	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Signal crayfish
Rak červený	<i>Procambarus clarkii</i>	Red swamp crayfish
-	<i>Procambarus acutus/zonangulus</i>	White river crayfish
Rak mramorovaný	<i>Procambarus fallax forma virginalis</i>	Marbled crayfish
Rak pruhovaný	<i>Orconectes limosus</i>	Spiny-cheek crayfish
-	<i>Orconectes immunis</i>	Calico (Papershell) crayfish
-	<i>Orconectes juvenilis</i>	Kentucky River crayfish
-	<i>Orconectes virilis</i>	Virile (Northern) crayfish
-	<i>Cherax destructor</i>	Yabby
-	<i>Cherax quadricarinatus</i>	Redclaw
-	<i>Cherax cainii</i>	Smooth marron
-	<i>Cherax tenuimanus</i>	Hairy marron

(Souty-Grosset et al., 2006; Filipová et al., 2010)

3.5 Determinace raků v České republice

3.5.1 Původní druhy

Čeleď: Astacidae

Druhy: **rak říční** *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758)

rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803)

(Pöckl et al., 2006; Kozák a kol., 2009a)

Determinace druhů:

Rak říční *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758)

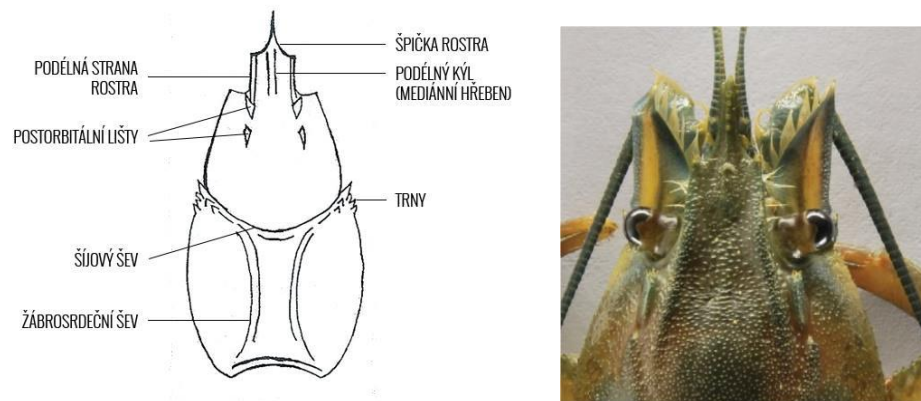


Obr. 3, 4: Samec (vlevo) a samice (vpravo) raka říčního (*Astacus astacus*) ve svém typickém zbarvení, fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a

Tento druh patří mezi největší sladkovodní bezobratlé živočichy. Celková délka těla bez klepet je 15 – 18 cm s hmotností 250 g. Samice jsou menšího vzrůstu a menší hmotnosti. Dožívá se dvaceti let a více.

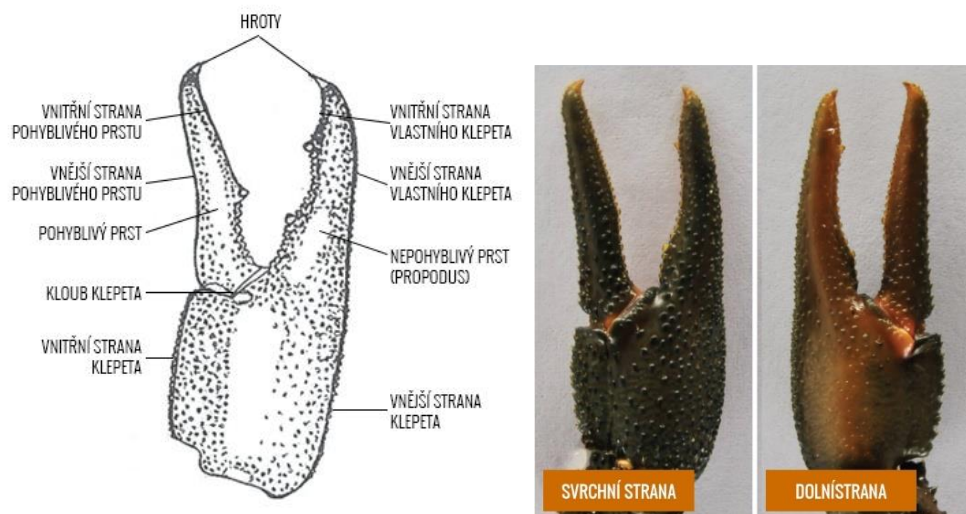
Hlavohrud': Povrch je jemně granulovaný s malým počtem trnů a hrbolků za týlním švem. Na přední části jsou vytvořeny dva páry postorbitálních lišt ležících v jedné linii. Zbarvení těla je proměnlivé. Hřbetní strana je obvykle světlá až tmavohnědá. Břišní strana je světlejší, nejčastěji béžová až olivově hnědá. V našich populacích se vyskytují i jedinci s červeným, modrošedým až jasně modrým zbarvením.

Rostrum: Je středně dlouhé, výrazně špičaté s hladkými okraji.



Obr. 5, 6: Rostrum raka říčního: perokresba, upraveno podle Pöckla et al., 2006 (vlevo); fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a (vpravo)

Klepeta: Jsou u samců robustnější. Na svrchní straně mají granulovaný povrch a obvykle jsou stejně zbarveny jako jejich tělo. Spodní strana je hnědočervená až červená. Na vnitřní straně nepohyblivého prstu jsou dva vzdálené výrůstky a mezi nimi je mělká prohlubeň. Kloub pohyblivého a nepohyblivého prstu je červený v různé intenzitě.



Obr. 7, 8: Klepeta raka říčního: perokresba, převzato od Pöckla et al., 2006, popis podle Patoky, 2008 (první obrázek); svrchní strana (druhý obrázek) a dolní strana (třetí obrázek), fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a

Může být zaměňován s rakem signálním (Hager, 1996; Pöckl et al., 2006; Kozák a kol., 2009a).

Rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803)

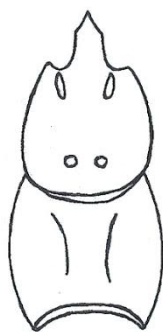


Obr. 8, 9: Samec (vlevo) a samice (vpravo) raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) ve svém typickém zbarvení, fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a

Tento druh raka je označován za nejmenšího a nejpomaleji rostoucího z původních evropských raků. Celková délka bez klepet je u samců 8 – 10 cm a hmotností 55 g. Samice jsou menší. Dožívá se deseti let a více.

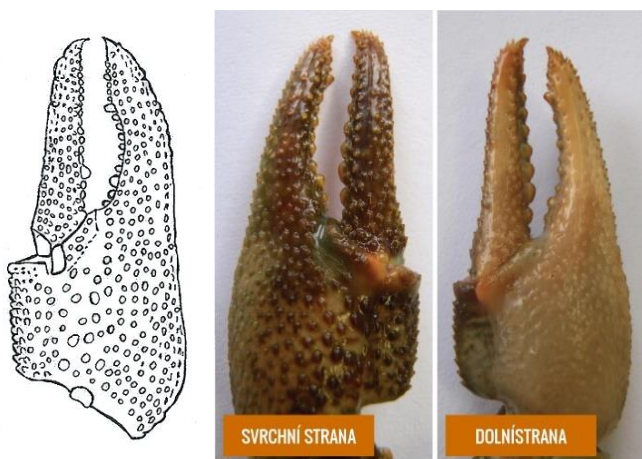
Hlavohrud': Je lehce zrnitá. Na přední části je vytvořen jeden pár postorbitálních lišt dozadu se zkracujících. Zbarvení hřbetní části je proměnlivý, nejčastěji je hnědý, olivově zelený či béžový. Může být i oranžový. Spodní strana bývá světlejší.

Rostrum: Je tupé a poměrně krátké. Vnější okraje jsou hladké. Špička vytváří rovnostranný trojúhelník. Podélný kýl chybí nebo je slabě naznačen.



Obr. 10, 11: Rostrum raka kamenáče: perokresba, převzato od Pöckla et al., 2006 (vlevo); fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a (vpravo)

Klepeta: Jsou robustní a velká. U samců jsou větší než u samic. Na svrchní straně bývají silně hrbolkatá s velkými zuby na vnitřní straně prstů a barvou shodnou s tělem. Spodní strana je nejčastěji béžová, narůžovělá či světle oranžová. Na vnitřní straně nepohyblivého prstu jsou dva vzdálené výrůstky a mezi nimi je mělká prohlubeň. Kloub bývá světle červený (Hager, 1996; Pöckl et al., 2006; Kozák a kol., 2009a).



Obr. 12, 13: Klepeta raka kamenáče: perokresba ze svrchní strany, převzato od Pöckla et al., 2006 (vlevo); svrchní strana (druhý obrázek) a dolní strana (třetí obrázek), fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a

3.5.2 Nepůvodní druhy

Čeď Astacidae

Druh: **rak signální** *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852)

rak bahenní *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823)

Čeď Cambaridae

Druh: **rak pruhovaný** *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817)

rak mramorovaný *Pocambarus fallax* forma *virginalis* (Hagen, 1870)

(Pöckl et al., 2006; Chucholl et al., 2012; Kozák a kol., 2009a)

Determinace druhů:

Rak signální *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852)



Obr. 14, 15: Samec (vlevo) a samice (vpravo) raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) ve svém typickém zbarvení, fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a

Tento druh se řadí také mezi větší druhy. Celková délka bez klepet je u samců 16 cm s hmotností kolem 200 g, u samic 12 cm. Dožívá se dvaceti let i více.

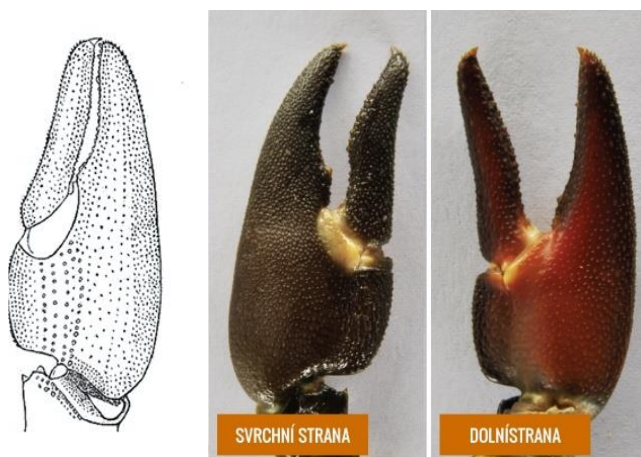
Hlavohrud': Povrch je téměř hladký a na bocích bez trnů. Za očima jsou vytvořeny dva páry postorbitálních lišt. Hřbetní strana je obvykle zbarvena od světle hnědé po tmavě hnědou. Existují jedinci i s modrým či černým zbarvením.

Rostrum: Je středně dlouhé a hladké. Špička je poměrně dlouhá a ostrá. Podélný kýl chybí nebo je slabě naznačen.



Obr. 16, 17: Rostrum raka signálního: perokresba, převzato od Pöckla et al., 2006 (vlevo); fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a (vpravo)

Klepeta: Jsou mohutná, u samců větší než u samic a hladká. Na svrchní straně zbarveny tmavěji než na těle. Spodní strana je většinou sytě červená (u modře zbarvených jedinců je spodní strana růžová). Na kloubech se vyskytují bílé až tyrkysově modré skvrny.



Obr. 18, 19: Klepeta raka signálního: perokresba ze svrchní strany, převzato od Pöckla et al., 2006 (první obrázek); svrchní strana (druhý obrázek) a dolní strana (třetí obrázek), fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a

Může být zaměňován s rakem říčním (Hager, 1996; Pöckl et al., 2006; Souty-Grosset et al., 2006; Kozák a kol., 2009a).

Rak bahenní *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823)

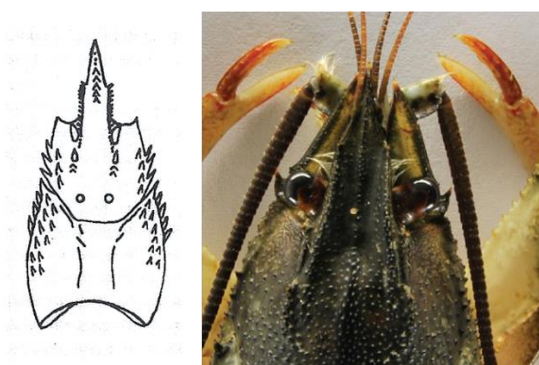


Obr. 20, 21: Samec (vlevo) a samice (vpravo) raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) ve svém typickém zbarvení, fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a

Tento druh se řadí také mezi větší druhy. Celková délka bez klepet je 15 – 18 cm s hmotností 200 g. Samci mohou ojediněle dorůst i délky 30 cm. Dožívají se deseti let, ale i více.

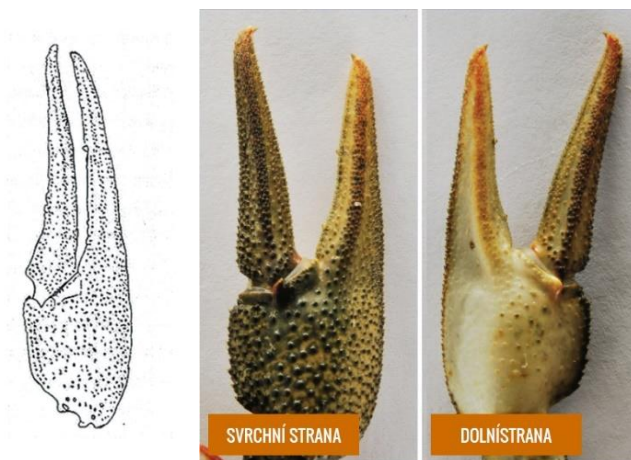
Hlavohrud': Je úzká s vejčitým až hruškovitým tvarem. Hřbetní strana (i s boky) je pokryta drobnými a ostrými, dopředu směřujícími trny. Za týlní brázdou vyrůstá jeden pár prominentních trnů. Na přední části jsou vytvořeny dva páry postorbitálních lišt ležící v jedné linii. Od ostatních druhů se odlišují měkčím a elastičtějším krunýřem. Jejich zbarvení je variabilní a je ovlivněno okolním prostředím. Nejčastěji jsou zbarveni olivově zelenou až medově hnědou. Existují i jedinci s modrým zbarvením.

Rostrum: Je dlouhé, úzké s drobnými trny, zakončeno ostrým hrotem.



Obr. 22, 23: Rostrum raka bahenního: perokresba, převzato od Pöckla et al., 2006 (vlevo); fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a (vpravo)

Klepetá: Jsou úzká, dlouhá s větším počtem hrbolků. Ze svrchní strany jsou zbarvena stejně jako tělo. Spodní strana je nejčastěji světle žlutá až béžová s menším počtem hrbolků. Špičky mohou být zbarveny červeně.



Obr. 24, 25: Klepeto raka bahenního: perokresba ze svrchní strany, převzato od Pöckla et al., 2006 (první obrázek); svrchní strana (druhý obrázek) a dolní strana (třetí obrázek), fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a

Může být zaměňován s rakem pruhovaným (Hager, 1996; Holdich et al., 2006; Pöckl et al., 2006; Kozák a kol., 2009a).

Rak pruhovaný *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817)



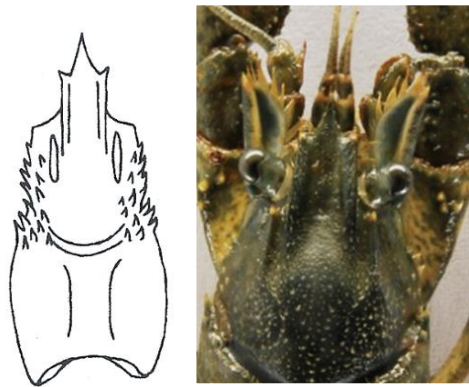
Obr. 26, 27: Samec (vlevo) a samice (vpravo) raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) ve svém typickém zbarvení, fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a

Jedná se o menší a krátkověký druh. Celková délka bez klepet je u obou pohlaví stejná, tedy 9 – 10 cm. Dožívá se dvou až tří let.

Hlavohruď: Je úzká, hladká s velkými, ostrými trny na bocích kolem týlní brázdy. Ve vpředu se nachází jeden pár dlouhých, výrazně vystouplých postorbitálních lišt, které jsou z obou stran ostře vymezené. Zbarvení je variabilní, ovlivněno i vnějším prostředím. Obvykle je zbarvení hnědé až olivově zelené. Spodní část je světle žlutá.

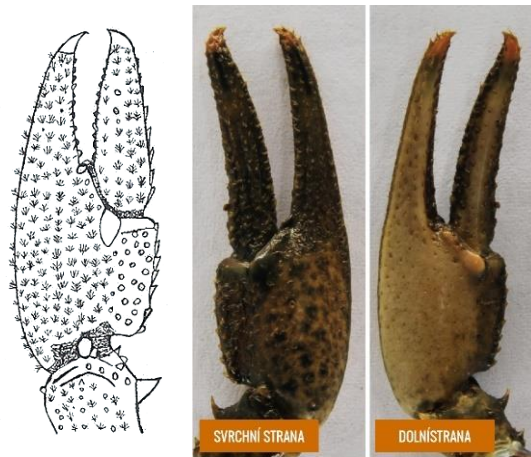
Zadeček: Na člancích má výrazné červené až hnědočerné příčné pruhy.

Rostrum: Je dlouhé, ostré a na bázi jeho zúžení jsou umístěny dva ostré trny.



Obr. 28, 29: Rostrum raka pruhovaného: perokresba, převzato od Pöckla et al., 2006 (vlevo); fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Pöckla a kol., 2009a (vpravo)

Klepetá: Jsou malá, hladká a pokrytá malými jamkami. U samečů jsou větší než u samic, přičemž se jejich velikost může změnit v období pohlavní aktivity. Na svrchní straně jsou zbarvena stejně jako tělo. Na spodní straně jsou světle žlutá, béžová až světle oranžová. Špičky klepet jsou zakončeny zahnutými ostrými špičkami, které jsou zbarveny oranžově a jsou ohraničeny tmavým proužkem (Hager, 1996; Hamr, 2002; Holdich et al., 2006; Pöckl et al., 2006; Kozák a kol., 2009a).



Obr. 30, 31: Klepeto raka pruhovaného: perokresba ze svrchní strany, převzato od Pöckla et al., 2006 (první obrázek); svrchní strana (druhý obrázek) a dolní strana (třetí obrázek), fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a

Rak mramorovaný *Procambarus fallax* forma *virginalis* (Hagen, 1870)

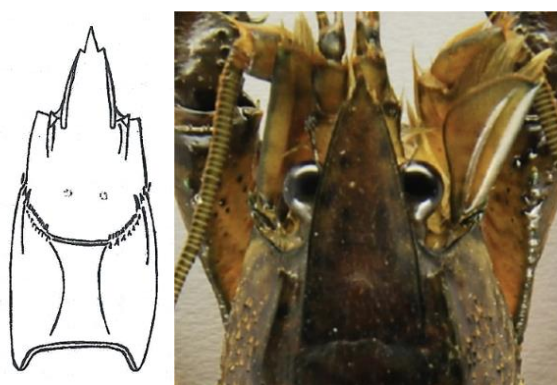


Obr. 32, 33: Samice raka mramorovaného (*Procambarus fallax* forma *virginalis*) ve svém typickém zbarvení, fotografie: M. Buřič, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a

Spolu s rakem pruhovaným patří mezi menší a krátkověké druhy. Celková délka bez klepet je do 10 cm. Většinou se dožívá pouhých dvou let.

Hlavohrud': Je hladká s trny za týlní brázdou. Ve vpředu se nachází jeden pár postorbitálních lišt. Má typické zbarvení. Hřbetní část je mramorovaná na hnědém, šedém nebo zeleném podkladě. Na každém boku se nachází jeden nepravidelný černý pruh, který končí na posledních člancích zadečku. V dospělosti nebo ve vodě s nižším pH získává zářivě modrý vzhled.

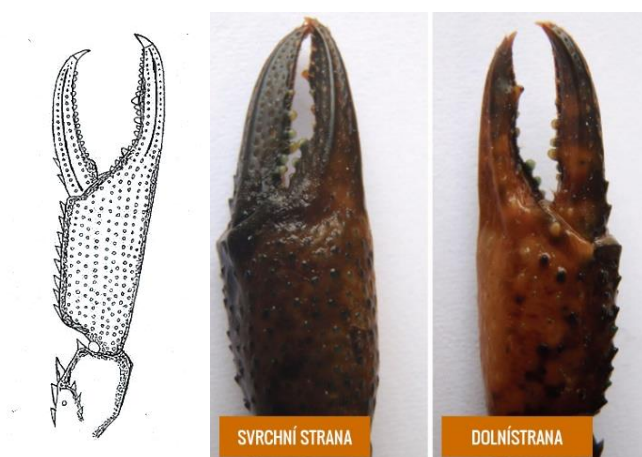
Rostrum: Je výrazné s hladkými trojúhelníkovými vrcholky. Střední rýha zcela chybí.



Obr. 34, 35: Rostrum raka mramorovaného: perokresba, převzato od Pöckla et al., 2006 (vlevo); fotografie: V. Kašpar, A. Kouba, převzato od Pöckla a kol., 2009a (vpravo)

Klepetá: Jsou velmi malá, hladká a na svrchní straně slabě zrnitá. Svrchní strana je zbarvena stejně jako tělo, ale bez mramorování. Spodní strana je variabilní, nejčastěji oranžová,

běžová nebo šedomodrá. Na zápěstí mají vyvinutý velký trn (Holdich et al., 2006; Pöckl et al., 2006).



Obr. 36, 37: Klepeto raka mramorovaného: perokresba ze svrchní strany, převzato od Pöckla et al., 2006 (první obrázek); svrchní strana (druhý obrázek) a dolní strana (třetí obrázek), fotografie: V. Kašpar, A. Kouba, převzato od Kozáka a kol., 2009a

3.6 Nároky raků v České republice na kvalitu vody

Rak říční *Astacus astacus*

Jedná se o ohrožený druh z důvodů vytlačování nepůvodními invazivními druhy, račím morem a znečištění okolního prostředí pesticidy a anorganickými látkami (Lohniský, 1983). Považuje se za indikátor čistoty vodních toků. Podle Svobodové a kol. (1987) mezi problémové toxické látky patří lindan nebo dříve používané DDT. Toxicita se stupňuje při zvyšující se teplotě vody. Způsobuje vylézání raků na břeh, kde hynou s příznaky nervových křečí.

Obývá různé potoky, řeky ale také hlubší a chladnější rybníky. Podle Dyka (1977) vyžaduje oligosaprobni (čistá voda s nadbytkem kyslíku) pstruhové pásmo až β – mesosaprobni (mírně znečištěné) vody.

Jedná se o typického alkalifilního živočicha s optimem pH 7 – 8,7. Hodnoty spadající pod 3,5 a nad 12, mají letální účinek (Svobodová a kol., 1987). Podle Appelberga (1987) je nízké pH nebezpečné při svlékání dospělých jedinců, protože znemožňuje příjem vápníku, který je důležitý pro tvorbu nového krunýře. U samic při pH 4 až 5 byla zaznamenána 100 % úmrtnost embryí.

Dále se považuje za stenotermního živočicha, který vyžaduje vyrovnaný teplotní režim v závislosti na sezóně. Pro ráčata do dvaceti dnů jsou optimální teploty od 17 do 21 °C a pro dospělé jedince jsou od 16 do 19 °C (Svobodová a kol., 1987). Při teplotách nad 25 °C vydrží dospělci pouze omezenou dobu (Kozák a kol., 2009a). Podle Hagera (1996) jsou odolní vůči

organickému znečištění a nízkému obsahu kyslíku ve vodě. Při nedostatku kyslíku vystupují na břehy či kameny a dýchají vzdušný kyslík přes žábry.

V současné době jeho rozšíření lze označit jako plošné v rámci celé České republiky, jedná se o jeden z nejhojněji rozšířených druhů našich vod (Policar and Kozák, 2000).

Rak kamenáč *Austropotamobius torrentium*

Preferuje tekoucí a zastíněné vody s kamenitým a šterkovitým dnem (Pöckl et al., 2006). Také je na pokraji vyhubení z důvodů vytlačování nepůvodními invazivními druhy nebo z důvodů organického i anorganického znečištění, na které je velice citlivý (Dolný a Ďuriš, 2001). Podle některých autorů je už schopen do značné míry organickému znečištění odolávat (Demers et al., 2006; Svobodová a kol., 2008; 2009). Považuje se také za stenotermního živočicha. Vyhovují mu nižší teploty vody, nejlépe 14 – 18 °C. Při teplotách nad 18 °C vyhledává vody o vyšším obsahu kyslíku (Svobodová a kol., 2008). Podle Bohla (1987) vyhledává vody s pH 5,0 – 8,6.

Rak bahenní *Astacus leptodactylus*

Vykazuje značnou odolnost vůči znečištění (Dolný a Ďuriš, 2001). Preferuje stojaté nebo pomalu tekoucí vody s bahnitým dnem, do kterého se celý zavrtává (Hager, 1996). Podle indexu, který uvádí Sládečková a kol. (1998) se vyskytuje v β – mesosaprobních vodách. Od ostatních druhů se liší denní aktivitou, snášením zakalené vody a změnou teplot (Holdich et al., 2006). Pro dospělé jedince je teplotní optimum podle Svobodové a kol. (1987) od 17 do 21 °C, podle Hagera (1996) od 23 do 26 °C. Za letální hranici Svobodová a kol. (1987) považuje více jak 33 °C a méně než 0 °C. U pH je optimální hodnota 7 až 9. Letální účinek mají hodnoty pH 2, 5 a 13 (Svobodová a kol., 1987). Krátkodobě snáší i vyšší koncentrace chloridů (Kozák a kol., 2009c).

Rak pruhovaný *Orconectes limosus*

Jedná se o vysoce odolný druh vůči organickému a chemickému znečištění. Vykazuje odolnost k vyšším teplotám, k nízkému obsahu kyslíku a eutrofizaci (Füderer et al., 2006). Je přizpůsoben k životu v různých typech tekoucích i stojatých vod. Preferuje teplejší, pomalu proudící nebo stojaté vody s měkkým dnem a vrstvou sedimentů, do kterého se zahrabávají (Hentonen and Huner, 1999; Petrusek et al., 2006; Holdich and Black, 2007). Podle Sládečkové a kol. (1998) se vyskytují v oligosaprobních až α – mesosaprobních (v maximálním přirozeném znečištění s malým množstvím kyslíku) vodách.

Optimální teploty jsou kolem 20 °C a více. Laurent (1973) popisuje tento druh jako odolný proti vysoké koncentraci mědi, která je toxická pro ostatní raky. Vyskytují se také v brakických vodách při salinitě 10 ‰ (Jaszczolt and Szaniawska, 2011).

Rak signální *Pacifastacus leniusculus*

Vyazuje značnou odolnost vůči organickému znečištění, vyšším teplotám vody a širokému rozpětí salinity. Obývá podobné lokality jako rak říční, tedy potoky, řeky i stojaté vody s bahnitými úseky. Vyhýbá se chladným lokalitám (Lowery and Holdich, 1988; Hager, 1996; Holdich et al., 2006). Dokáže vydržet i v 30 °C vodě. Je citlivý na pH nižší než 6 (Becker et al., 1975; Holdich et al., 2006).

Rak mramorovaný *Pocambarus fallax forma virginalis*

Obývá nevysychající lokality se stojatou i tekoucí vodou. Optimální teplota je 18 až 20 °C. Maximální růst je dosažen při 25 °C. Vydrží i teplotu menší než 8 °C a větší než 30 °C po dobu několika týdnů ale v těchto podmínkách se zastavuje růst, reprodukce a zvyšuje se jeho úmrtnost. Vydrží i zimní podmínky v rybnících, které zamrzají (Hobbs, 1981; Holdich et al., 2006).

3.7 Mapování nepůvodních druhů v České republice

Rak bahenní *Astacus leptodactylus*

Rak bahenní je původním druhem pontokaspické oblasti s původním areálem v úmoří Černého, Azovského a Kaspického moře (Holdich et al., 2006; Pöckl et al., 2006).



Obr. 38: Mapa Evropy s původním rozšířením raka bahenního, vytvořeno autorkou práce podle podkladů od Holdicha et al., 2006; Pöckla et al., 2006

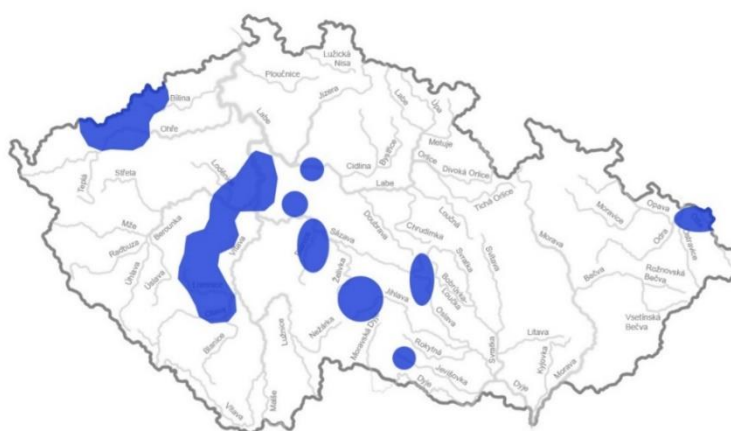
Z pontokaspické oblasti se rozšířil přirozenou migrací nebo člověkem do téměř celé Evropy. V současnosti je jeho výskyt zjištěn ve více než třiceti zemích. Výskyt se nepotvrdil v Irsku, Norsku, Švédsku, na jihozápadním Balkáně a na Pyrenejském poloostrově.

Systematika tohoto druhu je zatím neobjasněna (Holdich et al., 2006).

Za původní druh ho považují v Bělorusku, Moldávii, Turecku, Rumunsku, Bulharsku, Maďarsku, Řecku, Srbsku, Bosně a Hercegovině, Rakousku a Slovensku (Holdich et al., 2006; Pöckl et al., 2006; Souty-Grosset et al., 2006; Štrambergová a kol., 2009).

Na našem území se začal vyskytovat koncem 19. století. Byl dovezen v roce 1892 z východní Haliče a vysazen v rybnících na Loučensku, Chlumecku, Blatensku a na Mladoboleslavsku (Štěpán, 1932-33; Lohniský, 1984). Vysazován byl za účelem nahrazení populací raka říčního, které byly zdecimovány račím morem (Pecina a Čepická, 1979). Jedná se o druh, který je ale rovněž náchylný k račímu moru (Füderer et al., 2006).

V současné době je jeho výskyt zaznamenán minimálně na 38 lokalitách převážně ze středních a severních Čech. Především v Blatné, Brandýse nad Labem, Jihlavě, Jindřichově Hradci, Lounech, Karvině, Moravských Budějovicích, Mostu a Nymburku (Chobot, 2006; Horká, 2006). Policar and Kozák (2000) uvádějí výskyt i v oblasti Příbramska.



Obr. 39: Mapa České republiky se současným rozšířením raka bahenního, vytvořeno autorkou práce podle podkladů od Policara and Kozáka, 2000; Holdicha et al., 2006; Horké, 2006; Chobota, 2006

Rak pruhovaný *Orconectes limosus*

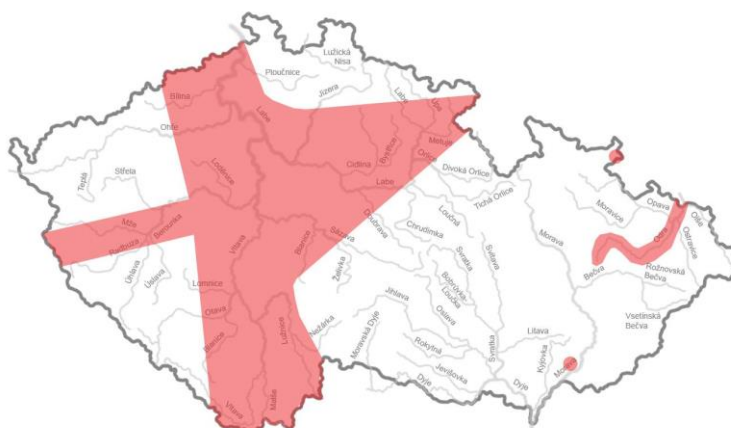
Rak pruhovaný je také původně severoamerickým druhem a jeho přirozený areál je povodí dolního toku řeky Delaware, která se nachází na východním pobřeží USA a dále pak v Chesapeacké zátocě (Rhoades, 1962; Filipová et al., 2011).



Obr. 42: Mapa Severní Ameriky s původním rozšířením raka pruhovaného, vytvořeno autorkou práce podle podkladů od Rhoadese, 1962; Filipové et al., 2011

Do Evropy na území dnešního západního Polska byl tento druh v počtu devadesáti jedinců pokusně introdukovaný v roce 1890. Měl sloužit také jako náhrada za původní raky, kteří byli také zdecimováni račím morem. Následovalo rozšiřování pomocí vlastní migrace či člověkem celou Evropou, a dokonce i na Britské ostrovy (Petrušek et al., 2006; Holdich and Black, 2007; Filipová et al., 2011).

Podle Petruska et al. (2006) se rak pruhovaný do České republiky dostal v roce 1960 z Německa samovolnou migrací proti proudu řeky Labe. S pomocí chovatelů (jejich nezodpovědností či nezkušeností v chovech) se v následujícím desetiletí dostával i do několika dalších větších řek (Ohře, Vltavy), jejich přítoků a stojatých vod. Ďuriš and Horká (2007) uvádějí výskyt i v povodí Odry a v rybníku u Vrabceva na Moravě.



Obr. 43: Mapa České republiky se současným rozšířením raka pruhovaného, vytvořeno autorkou práce podle podkladů od Holdicha et al., 2006; Petruska et al., 2006; Ďuriše and Horké, 2007

Rak signální *Pacifastacus leniusculus*

Rak signální je původně severoamerickým druhem s výskytem mezi Tichým oceánem a Skalistými horami států Idaho, Oregonu, Washingtonu a Britskou Kolumbií (Taylor et al., 2007).



Obr. 40: Mapa Severní Ameriky s původním rozšířením raka signálního, vytvořeno autorkou práce podle podkladů od Taylora et al., 2007

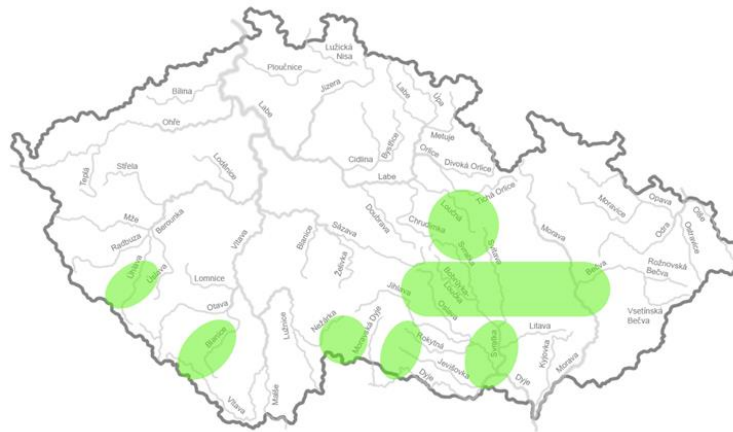
Tento druh je rozdělen na tři poddruhy (*P. l. leniusculus*, *P. l. klamathensis*, *P. l. trowbridgii*). V posledních studiích ale Sonntag (2006) uvádí, že se jedná o samostatné druhy. *Pacifastacus leniusculus leniusculus* bývá označován za nejinvazivnější poddruh, který byl introdukovaný do Kalifornie, Nevady a Japonska. Dále se začal rozšiřovat v místních řekách, jezerech a vytlačil původní druh raka *Cambaroides japonicus* (Kawai et al., 2002). Široce se rozšířil především v Evropě, kde také ohrožuje původní raky (Lilley et al., 1997).

Do Evropy, konkrétně do Švédska byl dovezen v roce 1959 z Kalifornie (Svärdson, 1995) také za účelem náhrady populace raka říčního, která zde byla zdecimována račím morem. Rak signální se v té době dal srovnávat svými ekologickými a gastronomickými charakteristikami právě s rakem říčním, a z tohoto důvodu byl vysazován do volné přírody na místa s chybějícími populacemi raků říčních (Brinck, 1977).

Začaly se uskutečňovat další dovozy raků signálních, kteří unikali z odchovných zařízení a postupně se rozšiřovali ve vodách do Evropy. Mezi nejsilněji zasažené státy patří Švédsko, Finsko a Anglie (Hogger, 1986; Bubb et al., 2004; Holdich et al., 2006; 2009).

V roce 1980 bylo ze Švédska do tehdejšího Československa dovezeno tisíc ráčat raka signálního za účelem produkce tržních raků (Polícar and Kozák, 2000). Po několika letech byla

zjištěna velká populace v jednom z rybníků u Velkého Meziříčí (Spustík), která se vlastní migrací nebo působením člověka rozšířila i na další místa. Výskyt je dnes potvrzen i v Litomyšli (rybníky u obce Jedlová), Nové Včelnici (rybník Kozlov), Brně (potok Bobrava), Rakovníku (Šípský potok), Vodňanech (řeka Blanice), Domažlicích (hraniční potok Kouba) a ve Žďáru nad Sázavou (potok Staviště, tok Babačka) (Policar and Kozák, 2000; Mlíkovský a Stýblo, 2006; Štrambergová a kol., 2009).



Obr. 41: Mapa České republiky se současným rozšířením raka signálního, vytvořeno autorkou práce podle podkladů od Policara and Kozáka, 2000; Holdicha et al., 2006; Mlíkovského a Stýbla, 2006; Štrambergové a kol., 2009

Rak mramorovaný *Pocambarus fallax* forma *virginalis*

Forma *virginalis* u tohoto raka byla objasněna teprve nedávno. Genetické a morfologické shody potvrdily, že rak mramorový či mramorovaný (Marmorkrebs) je partenogenetická forma *Procambarus fallax*, který je původně americkým druhem ze států Floridy a Georgie (Taylor et al., 2007; Martin et al., 2010). Tato podoba vznikla samovolně, zřejmě šlo o náhodnou polymerizaci. *P. fallax* forma *virginalis*, má zvětšenou sadu chromozomů oproti *P. fallax*. Uvádí se, že se jedná o triploidní organismus, tzv. má trojitě množství haploidního chromozomů (Martin et al., 2016).



Obr. 44: Mapa Severní Ameriky s původním rozšířením raka mramorovaného, vytvořeno autorkou práce podle podkladů od Taylora et al., 2007

Tato forma byla poprvé popsána v 90. letech 20. století v Karlsruhe (jižním Německu) zdejšími akvaristy v akvariálních obchodech (Lukhaup, 2001). Pro jejich atraktivní vzhled, rychlé a snadné rozmnožování, malou vnitrodruhovou agresivitu, nenáročný způsob života a využití i jako potrava pro chované želvy či ryby, se tato forma stala předmětem intenzivního obchodování a distribuce akvaristy po celé Evropě.

Výskyt byl zaznamenán v Itálii, Japonsku, Maďarsku, Německu, Nizozemsku, Slovensku, Švédsku a na Madagaskaru a Ukrajině, kde je hrozbou pro původní endemické druhy (Holdich et al., 2006; Pöckl et al., 2006; Kawai et al., 2009; Chucholl et al., 2012).

V Evropě se podle Kotovské et al. (2016) začaly přibližně od roku 2010 vytvářet životaschopné populace a v dnešní době se považuje za nejnebezpečnější nepůvodní druh raka.

Jeho rozšíření nejvíce napomáhá vypouštění přemnožených obsádek akvárií do volné přírody či samovolné úniky ze zahradních jezírek (Pöckl et al., 2006; Kawai et al., 2009; Chucholl et al., 2012; Patoka et al., 2016).

Na podzim roku 2015 byla tato podoba raka mramorovaného objevena i na území České republiky, konkrétně v městském rybníce, který je spojen kanalizačním potrubím s potokem Rokytky. Na jaře roku 2016 byly zachyceny ve stejném místě tři dospělé samice, což svědčí o úspěšném přezimování. V létě 2016 byly zachyceny další čtyři dospělé samice v umělé tůni u Radovesické výsypky v blízkosti Bíliny. Volný výskyt u nás je způsoben s největší pravděpodobností vypouštěním ze soukromých akvárií, protože tyto lokality jsou oblíbené pro rekreační aktivity (Patoka et al., 2016).



Obr. 45: Mapa České republiky se současným rozšířením raka mramorovaného, vytvořeno autorkou práce od Patoky et al., 2016

Druhy zmíněné v této kapitole (především se jedná o raka signálního a raka pruhovaného) jsou pro Českou republiku invazivní, což znamená, že se nekontrolovaně šíří a svou agresivitou vytlačují naše původní druhy, které mají podobnou funkci v přírodě, jako oni. Českou republiku začíná ohrožovat také rak mramorovaný. Rak bahenní se již u nás považuje za zdomácnělý druh, který je stejně jako rak říční a rak kamenáč náchylný k račimu moru (Richardson et al., 2000; Holdich et al., 2006; 2009; Pöckl et al., 2006).

3.8 Ohrožení původních druhů

3.8.1 Degradace prostředí

Česká republika se v potýká se značným poškozováním životního prostředí, z čehož vyplývá následná změna podmínek v původně vhodných habitatech pro život a rozmnožování raků i ostatních živočichů. To následně zabraňuje rakům šíření do nových lokalit (Schulz et al., 2002).

K úbytku vhodných biotopů pro populace raků vedou především lidské aktivity, jako je například intenzivní zemědělská a vodohospodářská činnost, průmysl a rybářství. Nejvíce úprav bylo prováděno na malých a středních tocích kvůli využití vodní energie, rozšíření ploch zemědělské půdy, její odvodnění a ochrany před častějším zaplavováním menšími povodněmi. Následkem bylo znečištění vod, ničení a nešetrné úpravy břehů, koryt a hloubkové regulace toků, případně i následné opevnění koryt. V shrnutí měly tyto zásahy devastační účinky a vedly nejen k destrukci biotopu samotného, ale také ke ztrátě vhodných úkrytů (odstranění sedimentu, kamenů). Kvůli říčním plavbám byly také upraveny významné části Vltavy a Labe (Jůva a kol.,

1984; Lindqvist and Huner, 1999; Holdich, 2002; Fischer, 2006; Petrusková a kol., 2007; Just, n.d. a)

V současné době je snaha o částečný návrat vodních toků k přírodnímu stavu hlavně stavebně prováděnou revitalizací (znovuoživení) a podporou samovolných renaturací (rozpad upravených koryt, potoků a řek.

Původní přírodní koryta byla členitá s malou průtočnou kapacitou a širokými litorálními pásy. Po technických úpravách připomínají spíše kanály, které jsou málo členité, s velkou průtočnou kapacitou a zužovanými litorálními pásy na minimum (Just, n.d. a).

Původně bohatou flóru a faunu přírodních koryt zdecimovaly technické úpravy. Zůstalo jen to, co se dokázalo adaptovat na nové prostředí. Vzhledem k rozsahu úprav řek a potoků to pro vodní ekosystémy znamená obrovské ztráty a tím i omezení samočisticí kapacity vodních toků. Po úpravách okolí vodních toků (odlesňování či orby), kdy chybí především břehové porosty, dochází následkem eroze a splachů ornice k zanášení koryt a tím i ke vzniku vhodných úkrytů pro raky (Fischer, 2006; Just, n.d. a). Úbytkem původních druhů raků v přírodních korytech vzniká především nadbytek makrofyt ale i úbytek důležitých potravních zdrojů (larev hmyzu, větších vodních bezobratlých) ve vodních tocích. Tímto úbytkem se snižují i další konzumenti, tedy obojživelníci a měkkýši a ovlivňuje se výskyt a druhové složení ryb (Lodge and Hill, 1994; Füreder et al., 2006; Holdich and Pöckl, 2007).

S úpravami vodních toků se vytvářejí nové migrační bariéry (jezy a hráze vodních nádrží), které zamezují propojování zbytkových populací původních druhů raků a také jejich migraci proti proudu toků. Příčné překážky v tocích nebrání migraci pouze rakům, ale také rybám a dalším vodním živočichům. V dnešní době mohou mít migrační bariéry také pozitivní význam, protože zabraňují migraci také nepůvodních druhů raků a tím i šíření možné infekce zvané račí mor (Lindqvist and Huner, 1999; Fischer, 2006; Füreder et al., 2006).

Další zásadní hrozbou, především pro raka kamenáče, je zanášení koryt bahnem, ke kterému v posledních letech dochází pod produkčními rybníky v důsledku intenzifikace chovu ryb (Petrusková a kol., 2007).

Rozsáhlé úpravy vodních toků přinesly i významné problémy pro vodní hospodářství. Úpravy vodních toků v zastavěných územích zvyšují riziko povodní. V opačném případě dochází za běžných stavů k rychlejšímu odvodnění krajiny, což může nepříznivě podpořit dopady následného sucha (Aiken and Waddy, 1992; Fischer, 2006; Just, n.d. a).

3.8.2 Znečištění vodního prostředí

V současné době je znečištění vody (povrchové i podzemní) jeden z největších problémů světa. Znečištěním vod se výrazně zhoršuje kvalita vodních ekosystémů i ekosystémů v jejich okolí. Ovlivňuje se tím také rozšiřování raků v České republice (Svobodová a kol., 1987).

Původní druhy raků České republiky mají podle Svobodové a kol. (2009) z dlouhodobého hlediska vysoké nároky na kvalitu vody a vyskytují se převážně ve neznečištěných či mírně znečištěných vodách. Považují se za velmi dobré indikátory znečištěných vod a také stabilizovaných vodních společenstev (Kozák et al., 2014).

Pojem znečištění lze definovat jako: „produkty lidské činnosti, které vstupují do prostředí (ovzduší vody, půdy, hornin, organismů) nebo v něm zvyšují svou koncentraci nebo spolupůsobí s jiným vlivem či látkou tak, že mohou poškodit zdraví (život) člověka a životaschopnost organismů“ (Novotná, 2001).

Nejčastější příčinou znečištění bývá zemědělství, kde je nejzávažnější kontaminace pesticidy a sloučeninami dusíku a fosforu. Znečištění způsobuje také vyvíjející se průmysl, těžba nerostných surovin, doprava a přirozené zdroje. Mezi přirozené zdroje patří především sopečná činnost, období sucha, sesuvy půdy, povodně, silné bouře, vyplavování toxických látek vznikajících při geologické činnosti z podloží a větší množství uhynulých organismů. Do přirozených zdrojů se také zahrnuje zvyšování teploty vody v důsledku vysychání v období snížených vodních srážek (Svobodová a kol., 2009).



Obr. 46, 47: Povodněmi zdevastovaná koryta potoků, převzato z: http://liberec.idnes.cz/lesy-cr-zlikvidovaly-skody-po-povodnich-fd9/liberec-zpravy.aspx?c=A140502_120213_liberec-zpravy_tm (vlevo); převzato z: <http://www.lesy-cr.cz/ost51/povodne/Stranky/povodne-cerven-2009.aspx> (vpravo)

Negativní vliv na račí populace má také vypouštění kontaminujících látek (fenolů, železa, PCB, rtuti, hnojiv, kadmia, hliníku, mědi, zinku a různých pesticidů), které do vody

pronikají z potrubí nebo nádrží. U raků dochází ke snížení růstu a snížení frekvence svlékání krunýře. Při vyšších koncentracích těchto cizorodých látek, dochází k úhynu raků. Příkladem je vypouštění odpadních vod z čistíren, továren nebo z měst při prudkých deštích (Aiken and Waddy, 1992; Lindqvist and Huner, 1999; Svobodová a kol., 2009). Mezi další negativní vlivy patří vypouštění septiků, žump či nadměrné nepovolené odběry vody z potoků, které často souvisí s přehrazením toků a instalací ponorných čerpadel v suchých obdobích. Voda z toku je poté používána na zalévání zahrad či napouštění bazénů (Štambergová a kol., 2009).

Rostoucí hrozbou pro životní prostředí představuje znečištění těžkými kovy. Vzhledem k bioakumulaci (růst koncentrace chemické látky v organismu) a negativním dopadům těžkých kovů musí být jejich biologická dostupnost monitorována. Mnoho studií prokázalo, hromadění kovů ve tkáních raků. Ve svalech a kostech byla objevena rtuť a nikl. V pankreatu bylo objeveno kadmium, zinek, měď, olovo a chrom. Na základě analýz zmíněných specifických tkání je možné odhadnout zatížení dané lokality těžkými kovy. V případě zinku a mědi je, vzhledem k rychlému vylučování těchto kovů, jejich vhodnost k hodnocení zátěže prostředí nižší, a tudíž jsou tyto kovy méně užitečné pro dlouhodobý monitoring životního prostředí (Kouba et al., 2010).

V současnosti stále více přibývá znečištění vod odpadky (Fischer, 2006).



Obr. 48, 49: Ukázka znečištěného životního prostředí, převzato z: <https://mtairy.me/2013/06/> (vlevo); vzniklá tzv. černá skládka na břehu řeky u silnice mezi obcemi Větrná a Rožmberk nad Vltavou, převzato z: <http://www.sdruzeniprovltavu.cz/aktivity/cista-vltava/2013/index.php> (vpravo)



Obr. 50, 51: Uhynulí pstruh a raci v řece Bystřici kvůli znečištění vody z tzv. černé skládky, převzato z: <http://www.hlubocky.eu/v-rece-bystrici-uhynuli-raci/>

Lidská činnost způsobila také tzv. tepelné znečištění, které je charakterizováno lokálním nárůstem nebo poklesem teploty vody. Způsobuje to využití vody jako chladicí směsi v elektrárnách a průmyslových provozech a vypouštěním velmi studené spodní vody ze dna nádrží do řek (Just, n. d. a). Výstavba malých vodních elektráren působí podle Fischera (2006) pozitivně na raky ale i ostatní živočichy při tvorbě nových biotopů (náhony). Negativně na ně však působí přechodné či trvalé snižování průtoků v hlavním korytě, které je závislé na odběru vody do náhonů.

Řeky mají do určité míry i samočisticí schopnost, kdy se sama voda zbavuje organického znečištění. Jedná se o proces, kdy se organické látky působením mikroorganismů rozkládají na minerální látky. V tomto procesu se také zapojuje rozpuštěný kyslík a teplota vody. Zvětšení množství rozpuštěného kyslíku je způsobeno především turbulencemi, jezy, přejemi, fotosyntézou zelených rostlin a teplotou vody (Herle a Bareš, 1990; Just, n.d. b).

Počátkem 90. let 20. století bylo znečištění převážně povrchových vod jedním z hlavních problémů životního prostředí České republiky. Většina významných vodních toků patřila do kategorií silně či velmi silně znečištěné vody. Od druhé poloviny 90. let se začal projevovat efekt rozsáhlé výstavby a modernizace technologií čistíren odpadních vod (ČOV) (Volaufová a kol., n.d.). Prvního ledna roku 1999 také nabyl své účinnosti zákon o poplatcích za vypouštění odpadních vod do povrchových vod (Zerzáň, 2000). V současné době se za pomoci těchto opatření životní podmínky ve volných vodách vylepšily a v mnohých lokalitách již kvalita vody dosahuje vysokých nároků původních druhů raků (Kozáka et al., 2009a).



Obr. 52, 53: Ukázka technicky upravených koryt, převzato z: <http://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/technicke-upravy-vodnich-toku/>



Obr. 54, 55: Ukázky přirozených koryt: národní přírodní památka Skalická Morávka, převzato z: <http://www.casopis.ochranaprirody.cz/vyzkum-a-dokumentace/divocici-reka-moravka/> (vlevo); potok Mohelnice těsně nad ústím do řeky Morávky, převzato z: https://www.pod.cz/atlas_toku/mohelnice.html (vpravo)

Kvůli znečištění a degradaci vodního prostředí dochází k vyšší agresivitě a konkurenci mezi raky (Aiken and Waddy, 1992).

3.8.3 Nepůvodní predátoři

Jak už bylo zmíněno v kapitole „Predátoři raků“, zvýšený predanční tlak je zapříčiněn způsoben invazivně se šířícím norkem americkým a ondatrou pižmovou (Štěpán 1932-33; Ackefors, 1998). Značné riziko představují také zástupci lososovitých ryb (konkrétně pstruh duhový a siven americký), které byly do vodních toků introdukované především pro účely hospodářské (Ackefors, 1998; Fischer et al., 2009; Kozák et al., 2002; Schulz et al., 2006a).

Norek americký pochází z Ameriky. Žije v lesních a travnatých porostech v blízkosti vody, u pomalu tekoucích řek, potoků, jezer a močálů. Jeho hlavní kořistí jsou ondatry, ale loví také raky (Merriam, 1886; Feldhamer et al., 2003). V tehdejší Československé republice se choval pouze v klecových chovech za účelem získání kvalitní kožešiny. Po roce 1989 se farmy vrátily zpět do vlastnictví současným a nezkušeným majitelům, kteří si s jejich chovem nevěděli

rady nebo jim to finanční situace nedovolila. Následné řešení spočívalo ve vypouštění do volné přírody (Stejskal, 2008; Fischer et al., 2009). Fischer a kol. (2004) uvádějí, že norek ročně uloví 8 000 – 36 000 jedinců raků na sedmi kilometrech úseku. Podle Petruskové a kol. (2007) je predace norkem během několika let schopná značně zredukovat původní populace raků (například na Padrťském potoce zlikvidovali norci v letech 2000 – 2004 až 54 % místní populace raků kamenáčů).

Ondatra pižmová také pochází ze Severní Ameriky. Jedná se o vodního hlodavce, který obývá řeky, jezera i rybníky na celém území České republiky. Pod vodní hladinou si vyhledává potravu, ve které se objevují také právě raci. V České republice byla ondatra vysazovaná především kvůli její kvalitní kožešině. Následným intenzivním a nekontrolovaným rozmnožováním unikla do volné přírody (Hanzák, 1970).

Dochází i k predaci mezi druhy, kdy často vítězí nepůvodní druhy raků nad původními (Dunn et al., 2009).

3.8.4 Šíření nepůvodních druhů raků

Šíření nepůvodních druhů raků způsobili převážně lidé. Začalo to dovozy z jiných zemí, ať už z důvodů komerčních nebo s dobrým úmyslem nahradit populace původních druhů, které byly zdecimovány račím morem. Dále to pokračovalo obchody s okrasnými druhy, které v posledních desetiletích rapidně vzrostly. Většina raků, kteří se dováží do Evropy, pochází ze Severní a Střední Ameriky a je pravděpodobné, že jsou vektory račího moru (Henttonen and Huner, 1999; Chucholl, 2013).

Jak už bylo zmíněno výše, některé druhy jsou mezi chovateli velmi populární (převážně v akváriích či v soukromých zahradních jezírkách). Tito akvaristi se pak mnohdy setkávají s problémem v podobě přemnožených jedinců a musí řešit, jak jejich počet zredukovat. Většina z nich je však nechce utrácet a preferuje humánnější řešení, a to vysazení do volné přírody (Chucholl, 2013; Patoka et al., 2014b; Patoka et al., 2016). Tímto způsobem se v Evropě rozšířili některé druhy z rodu *Orconectes* (*Orconectes virilis*) či z rodu *Procambarus* (*Procambarus fallax* f. *virginalis*). V menší míře se rozšiřuje i rak červený (*Procambarus clarkii*) a *Cherax destructor* (Ahern et al., 2008; Patoka, 2012). Nelze vyloučit i nebezpečí samovolného úniku ze zahradních jezírek (Patoka et al., 2014b).

V Evropě se některé nepůvodní druhy raků staly úspěšně invazivními, zásluhou dobré biologické vybavenosti pro rivalitu s původní astakofaunou. Vzhledem k vyšší adaptabilitě na dané prostředí a rychlému reprodukčnímu cyklu mají lepší předpoklady na osídlení volných habitatů a další šíření. Šířením vytlačují původní druhy z jejich stávajících teritorií. K osídlení

nových lokalit a eliminaci původních druhů jim navíc pomáhá několik faktorů. Tím hlavním faktorem je smrtelné onemocnění zvané račí mor (Lodge and Hill, 1994; Füreder et al., 2006). Nemoc pochází ze Severní Ameriky (Alderman, 1996). Obavy z této nemoci začaly už ve druhé polovině 19. století, kdy byly značně zdecimovány evropské populace původních druhů raků (Henttonen and Huner, 1999). Podle Loweho et al. (2000) je račí mor nejničivějším onemocněním, které eliminuje naše původní druhy.

Původcem račího moru je parazit, který se zařazuje do skupiny Oomycetes (Unestam, 1965) a zároveň patří do seznamu 100 nejhorších invazivních organismů na světě (Lowe et al., 2000). Jedná se o *Aphanomyces astaci* neboli hnilečka račího.

Životní cyklus *A. astaci* je na rozdíl od většiny příbuzných oomycetů jednoduchý. Parazit se rozmnožuje pouze nepohlavně pomocí zoospor. Zoospora po přisednutí na krunýř odhodí bičíky a promění se v cystu, začne probíhat encystace a poté prorůstají hyfy do kutikuly hostitele, kde se tvoří rozvětvené mycelium. Encystace probíhá rychle, uvádí se jen několik desítek sekund. Buněčná stěna se poté vytváří 15 minut (Olson et al., 1984; Alderman and Polglase, 1986). Zoospory přežívají krátce, maximálně několik týdnů (Oidtmann, 2000). Životnost zoospor závisí především na teplotě, kdy při nižších teplotách žijí déle (Unestam, 1966). *A. astaci* je velmi citlivý na vyschnutí, k životu potřebuje vodu nebo vlhkost (Alderman and Polglase, 1986). *A. astaci* napadá především raky. Parazit může napadat i další desetinohé korýše, například kraba čínského (*Eriocheir sinensis*) (Unestam, 1972). Parazit se do hostitele snaží proniknout buď v místech zranění nebo se snaží přisednout na takovou část těla, kde je měkká kutikula, což bývá na spodní straně zadečku (Nyhlén and Unestam, 1980).

Průběh nemoci se mezi raky pocházejícími ze Severní Ameriky a raky pocházejícími ze zbytku světa značně liší. Raci ze severní Ameriky jsou k této nákaze odolní a parazit u zdravých jedinců onemocnění nezpůsobuje (Unestam, 1969). Severoameričtí raci mají na *A. astaci* silnou imunitní reakci a po napadení jejich kutikuly mu zamezují prorůstání dále do těla procesem zvaným melanizace neboli zapouzdření (Cerenius et al., 2003; Petrusek et al., 2006). Mezi severoamerickými raky a parazitem je podle Cerenius et al. (2003) relativně vyrovnaný vztah, který je důsledkem dlouhodobé společné koexistence parazita a jeho hostitelů. K úhynu severoamerických raků, který zapříčiňuje tento parazit dochází pouze tehdy, jsou-li oslabeni z nějakého jiného důvodu. K snižování jejich obranyschopnosti dochází v případě stresu (znečištění vody, nedostatek kyslíku, současné napadení jiným parazitem apod.) nebo vinou mechanického poranění. Pokud je severoamerický rak napaden extrémně vysokým množstvím zoospor, může podle laboratorních pokusů zřejmě uhynout také (Diéguez-Uribeondo and Söderhäll, 1993). Většinou ale infikovaní severoameričtí raci slouží jen jako přenašeči. Podle

Aquiloni et al. (2011) přítomnost parazita na kutikule severoamerických raků není obvykle viditelná. Toto zjištění potvrzuje i Kozubíková et al., 2009.

Hyfy v průběhu onemocnění a po uhynutí raka vyrůstají na povrch těla, tvoří se sporangia, a do vody jsou produkovány zoospory (Cerenius et al., 1988). Ty se uvolňují také při svlékání nakažených raků a zřejmě v menším množství i u neoslabených jedinců (Oidtmann et al., 2002). Zoospory se mohou také uchytit na mokrou srst živočichů či peří ptáků. Přenos pomocí povrchu těla ryb zatím nebyl prokázán (Oidtmann et al., 2004).

Raci z Evropy, Asie a australských oblastí k této nemoci imunní nejsou. Jejich imunitní systém je pomalý a parazit nezůstává jen v kutikule. Prorůstá dále do těla, kde napadá nervové tkáně a vnitřní orgány. Napadená nervová soustava raky paralyzuje a způsobuje křeče, při kterých si často ulamují končetiny. U napadených jedinců se objevuje i dezorientovaný pohyb či bílý plísňový porost na očních stopkách nebo kloubech končetin. Příznaky se projevují postupně a nemoc vždy končí úhynem. Rozvoj nemoci závisí na momentální kondici raka, množství zmíněných zoospor, virulenci konkrétního kmene račího moru a na složení vody a její teplotě (Alderman et al., 1987; Oidtmann, 2000).



Obr. 56, 57: Důsledky račího moru: uhynulí raci z Příbrami, převzato z: <http://www.denik.cz/stredocesky-kraj/potvrzeno-v-ricce-litavce-je-raci-mor20110927.html> (vlevo); uhynulí raci kamenáči v Úpořském potoce na Křivoklátsku, převzato z: <http://ziva.avcr.cz/2013-1/biologicke-invaze-a-paraziti-pribeh-raku-a-raciho-moru.html>, fotografie: A. Petrusek (vpravo)

Přítomnost parazita *A. astaci* v racích je obtížné určit, protože je morfologicky nerozeznatelný od jiných příbuzných druhů rodu *Aphanomyces*. Ke správnému určení parazita je nutná laboratorní analýza hynoucích raků (Royo et al., 2004). Nejnovější publikovaný postup je založen na kvantitativní polymerázové řetězové reakci, tzv. real – time PCR. Tato metoda umožňuje také kvantifikovat počáteční množství DNA patogenu ve vzorku, ze kterého se dá zjistit míra nákazy v jednotlivých subjektech. Předpokladem pro úspěšnou diagnostiku *A. astaci* je správný odběr a uchování vzorků. Pokud dojde k úhynu raků, je třeba sbírat jedince těsně

před uhynutím nebo velmi brzy po něm, než se jejich těla začnou rozkládat (Vrålstad et al., 2009). Účinná metoda léčby račího moru stále neexistuje (Kozák et al., 2014).

Šíření nepůvodních druhů také zapříčiňuje jejich vyšší aktivita a agresivita. Nepůvodní a původní raci se dostávají do přímých interakcí neboli soubojů, kde rozhoduje především velikost těla a klepet. Vysoká aktivita raků je způsobena především nedostatkem potravních zdrojů (Holdich et al., 2009). Větší agresivita se projevuje při snaze o obsazení vhodnějšího úkrytu nebo také již kvůli získání potravních zdrojů (Dunn et al., 2009).

Severoameričtí raci jsou díky své vyšší aktivitě a agresivitě ve značné výhodě oproti původním rakům, jelikož původní druhy jsou výhradně noční živočichové s vrcholící aktivitou během soumraku a svítání (Holdich et al., 2006). Denní aktivitu vykazují pouze v případě nedostatku potravy, úkrytových možností, v sužování nepříznivými podmínkami nebo onemocněním (Westin and Gydemo, 1988; Nyström and Granéli, 1997; Bohl, 1999). Naproti tomu většina nepůvodních druhů je aktivnější v nočních hodinách, ale navíc vykazují i relativně vysokou denní aktivitu (Bubb et al., 2006; Buřič et al., 2009a). Tato přizpůsobivost jim umožňuje rozšířit potravní aktivitu i v nepříznivých podmínkách, kdy využijí všechno, co je k dispozici. To má za následek to, že původní druhy nemohou plně využít potravní zdroje pro rozvoj své populace. Dochází k pomalejšímu růstu, pozdějšímu dosažení pohlavní dospělosti, a tudíž i k pomalejšímu rozvoji populace (Reynolds, 2002).

Především ze zvýšené denní aktivity plyne pro původní ale i nepůvodní druhy zvýšená predace ze strany živočichů, které byli vyjmenovány už v podkapitole 3.2.6 či 3.8.3 (Lodge and Hill, 1994; Musil et al., 2010). Studie podle Hazletta et al. (2003) ovšem prokázaly, že nepůvodní druhy raků (konkrétně rak červený a rak pruhovaný) jsou schopny lépe rozpoznat nebezpečí než druhy původní. Původní populace nejsou schopny trvale konkurovat nepůvodním druhům. Jsou vytlačovány a nuceny se stěhovat na jiná méně vhodná místa, která pro ně představují větší nebezpečí a kde jsou pod větším predacním tlakem. Ve výsledku může dojít k úplnému zániku dané populace (Gherardi, 2007).

Šíření ovlivňuje i jejich reprodukční strategie. Raci se rozlišují na tzv. r-stratégy a K-stratégy. Za r-stratégy se považují raci pocházející zejména ze Severní Ameriky, kteří se vykazují rychlým pohlavním dospíváním, vysokou rychlostí růstu, vysokou plodností a kratší délkou života. Jsou tedy schopni v poloviční velikosti a stáří produkovat stejné či větší množství potomstva oproti původním evropským druhům a druhům z tropické oblasti. Mezi r-stratégy patří zejména druhy z čeledi Cambaridae (rak pruhovaný, rak mramorovaný). Kozák et al. (2014) uvádějí, že by do této strategie podle některých znaků (především podle plodnosti a růstu) v porovnání s původními druhy mohl patřit i rak signální. Za K-stratégy se považují raci

pocházející z Evropy či Malé Asie, kteří vykazují pomalejší sezonní růst, způsobený teplotou vody, pozdější pohlavní dospívání, menší plodnost a většinou jsou dlouhověcí. K-stratégové jsou více ohrožováni lidskou činností. Mezi K-stratégy patří naši původní raci, tedy rak říční a rak kamenáč (Lindqvist and Huner, 1999; Reynolds, 2002; Kozák et al., 2014).

V 80. a 90. letech 20. století se v České republice provedl rozsáhlý monitoring jak původních, tak nepůvodních druhů raků s názvem „Akce rak“. V 692 račích lokalitách, které byly ověřeny se našlo pouze 234 lokalit s výskytem původních raků, při nálezů těchto původních populací nebyl navíc ověřen současný zdravotní stav ani jejich životaschopnost (Chobot, 2006).

3.8.5 Související legislativa

Status původních druhů

V současné době jsou v České republice všechny původní druhy raků ohroženy a z toho důvodu jsou chráněny několika zákony. Rak říční (*Astacus astacus*) a rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) jsou v České republice chráněny podle zákona 114/1992 Sb. ze dne 19. února 1992, o ochraně přírody a krajiny (novelizováno v roce 2009) prováděcí vyhláškou č. 395/1992, kde jsou zařazeni mezi druhy kriticky ohrožené. To znamená, že jakoukoli manipulaci s ním může povolit pouze Ministerstvo životního prostředí (MŽP) České republiky na základě doporučení odborníků a stanovení pravidel pro udělení výjimky. Povolení stanovuje rozsah a podmínky manipulace s raky. Držitel výjimky má navíc povinnost jedenkrát ročně vypracovat zprávu o jeho aktivitách souvisejících s manipulací s původními druhy raků.

Z tohoto zákona se na naše původní raky vztahuje paragraf (§) 50, který ustanovuje základní podmínky ochrany zvláště chráněných živočichů. Podle odstavce jedna jsou: „zvláště chránění živočichové ve všech svých vývojových stádiích. Chráněna jsou jimi užívaná přirozená i umělá sídla a jejich biotop“. Podle odst. dva: „je zakázáno škodlivě zasahovat do přirozeného vývoje zvláště chráněných živočichů, zejména je chytat, chovat v zajetí, rušit, zraňovat nebo usmrcovat. Není dovoleno sbírat, ničit, poškozovat či přemísťovat jejich vývojová stádia nebo jimi užívaná sídla. Je též zakázáno je držet, chovat, dopravovat, prodávat, vyměňovat, nabízet za účelem prodeje nebo výměny“.

Paragraf 48, který ustanovuje zvláště chráněné rostliny a živočichy je podle odst. čtvrtého: „stejně jako zvláště chráněný živočich nebo zvláště chráněná rostlina chráněn i mrtvý jedinec tohoto druhu, jeho část nebo výrobek z něho“.

Paragraf 54, který ustanovuje prokázání původu v odst. třetím: „vypouštět zvláště chráněné živočichy odchované v lidské péči do přírody lze pouze se souhlasem orgánu ochrany přírody“ (Česko, 1992; Kozák a kol., 2009a; Kozák et al., 2014).

Tento zákon obsahuje nedostatky, převážně v definování pojmů. V odst. třetím, který ustanovuje vymezení pojmů, není rozlišení v pojmu nepůvodní a invazivní druh. V odst. pátém, který ustanovuje obecnou ochranu rostlin a živočichů je v odstavci čtvrtém napsáno: „záměrné rozšíření geograficky nepůvodního druhu rostliny či živočicha do krajiny je možné jen s povolením orgánu ochrany přírody; to neplatí pro nepůvodní druhy rostlin, pokud se hospodaří podle schváleného lesního hospodářského plánu nebo vlastníkem lesa převzaté lesní hospodářské osnova. Geograficky nepůvodní druh rostliny nebo živočicha je druh, který není součástí přirozených společenstev určitého regionu“ (Česko, 1992; Pergl a kol., n.d.).

Dále je právní ochrana původních druhů v rámci Evropské Unie zařazena do Směrnice Rady EHS (Evropské hospodářské společenství) č. 92/43 ze dne 21. května 1992, o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (tzv. směrnice o stanovištích). Rak kamenáč je podle ní řazen do přílohy II, druhem vyžadující zvláštní územní ochranu, tedy vymezení evropsky významné lokality zapojené do soustavy Natura 2000 (soustava chráněných území). Původní druhy jsou zařazeny do přílohy č. III. a V. Příloha č. III. je určena pro chráněné druhy živočichů v tzv. Bernské úmluvě z roku 1979. Příloha č. V. je určena pro druhy, jejichž odebrání z volné přírody a využívání může být předmětem určitých opatření na jejich obhospodařování. Směrnice zároveň definuje podmínky odchyty, transportu a manipulace s rakem kamenáčem a rakem říčním (Svobodová a kol., 2010; Kozák et al., 2014). Tato směrnice zavazuje členské státy k regulaci záměrného vysazování nepůvodních druhů rostlin a živočichů tak, aby nedošlo k poškození přírodních stanovišť a druhů, a stanovuje možnost takovou činnost zakázat. Na základě tohoto nařízení zákony č. 114/1992 Sb. a č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) zakazují záměrné vypouštění a šíření nepůvodních druhů do krajiny, vodních toků a vodních nádrží v České republice. K jejich vypouštění musí dát souhlasné stanovisko příslušný orgán ochrany přírody. V národních parcích a chráněných krajinných oblastech je záměrné rozšiřování nepůvodních druhů výslovně zakázáno. Vodní zákon dále stanoví, že vypouštění nepůvodních druhů akvaristických organismů a geneticky nevhodných a neprověřených populací původních druhů do vodních toků a nádrží je podmíněno souhlasným stanoviskem vodoprávního orgánu (Česko, 1992; Česko 2001; Dušek a kol., 2007; Svobodová a kol., 2010).

Mezi důležité právní akty, které sjednocují přístup Evropské Unie v boji proti invazním druhům patří Nařízení parlamentu a Rady (EU) č. 1143/2014 ze dne 22. října 2014, o prevenci

a regulaci zavlékání či vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů. Nařízení nabylo účinnosti v lednu roku 2015 a vztahuje se na druhy, které jsou uvedeny na seznamu invazních nepůvodních druhů s nepřehlédnutelným dopadem na Evropskou unii (tzv. unijní seznam), který byl zveřejněn 13. července 2016 jako Prováděcí nařízení Komise (EU) 2016/1141. Unijní seznam nežádoucích druhů platí od 3. srpna 2016 a zakazuje zmíněné raky, tedy raka červeného (*Procambarus clarkii*), raka mramorovaného (*Procambarus fallax* forma *virginialis*), raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) a raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) dovážet, držet v chovu a obchodovat s nimi (Svobodová a kol., 2010; Česko, 2014; Česko, 2016).

Dalším důležitým dokumentem je Nařízení Rady (ES) č. 708/2007 ze dne 11. června 2007, o používání cizích a místně se nevyskytujících druhů v akvakultuře, stanovuje obecná pravidla (včetně procesu hodnocení rizik), která mohou být využita v případě zavádění nepůvodních druhů do produkčního akvakultury (Česko, 2007; Svobodová a kol., 2010).

K rakům se vztahuje také zákon č. 99/2004 Sb. ze dne 10. února 2004, o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů. Tento zákon zahrnuje veškeré vodní organismy, které jsou zdrojem potravy ryb, nebo přirozenou součástí vodního prostředí. Zákon upravuje chov, ochranu a lov ryb, pěstování a lov vodních organismů a ochranu jejich života a životního prostředí. Podle odst. písm. s) také obsahuje relevantní definici nepůvodního druhu. Odst. písm. s) popisuje nepůvodního živočicha takto: „nepůvodní rybou a nepůvodním vodním organismem je geograficky nepůvodní nebo geneticky nevhodná anebo neprověřená populace ryb a vodních organismů, vyskytující se na území jednotlivého rybářského revíru v České republice méně než 3 po sobě následující generační populace“ (Česko, 2004; Lusk a kol., 2011), což je v jasném protikladu proti výše zmíněným zákonům a nařízením.

Statut nepůvodních druhů

Rak bahenní (*Astacus leptodactylus*) je podle zákona 114/1992 Sb. řazen do kategorie ohrožených živočichů i přesto, že je v České republice nepůvodní. Manipulaci s ním může povolit místně příslušný orgán ochrany přírody. V České republice se vyskytuje více jak sto let a lze ho už označit za „zdomácnělý“ (naturalizovaný) druh.

Rak signální, rak pruhovaný i rak mramorovaný jsou považováni za nebezpečné nepůvodní druhy raků (Česko, 1992; Horká, 2006; Kozák a kol., 2009a; Kozák et al., 2014).

Legislativa je jedním z důležitých nástrojů k zajištění ochrany původních druhů. V několika mezinárodních předpisech, ke kterým Česká republika přistoupila v rámci vstupu do Evropské unie, je problematika nepůvodních druhů řešena velmi obecně a vztah nepůvodních

druhů k ichtyofauně a astakofauně je nejasně definován. Prozatím neexistuje ucelený program ochrany původních druhů raků a chybí úzké funkční propojení mezi vědeckými institucemi a mezi státními orgány. Pouze otevřená spolupráce těchto dvou typů institucí může vést k vytvoření účinné strategie ochrany druhu a plánu ochrany sloužící uživatelské veřejnosti (rybáři, chovatelé, správci povodí a přilehlých lokalit). Dále není v České republice dostatečně legislativně podpořena prevence, monitoring, tvorba systémů včasné detekce a další principy doporučené pro management nepůvodních druhů (Souty-Grosset et al., 2006; Kozák et al., 2009a; Pergl a kol., n.d.).

4 METODY A MATERIÁL

Dotazníkový průzkum byl zaměřený na veřejnost se zájmem o přírodu. Z tohoto důvodu byly vybrány dvě populární české zoologické zahrady a jako respondenti byli osloveni běžní návštěvníci z různých věkových kategorií. Průzkum probíhal v zoologické zahradě Dvůr Králové nad Labem a zoologické zahradě Praha během letních prázdnin.

Ve Dvoře Králové nad Labem dotazování probíhalo na různých stanovištích uvnitř areálu po dobu dvou celých víkendů. V Praze dotazování probíhalo u jižního vchodu jen v sobotu v ranních hodinách.

Dotazování nejdříve proběhlo v zoologické zahradě ve Dvoře Králové nad Labem, kde byli respondenti vybíráni náhodně, tedy bez ohledu na jejich věk, a poté bylo dotazování zahájeno před vstupem do zoologické zahrady v Praze, kde byli respondenti vybráni záměrně podle dosud málo zastoupených věkových kategorií. Průzkum byl určen pro různé věkové kategorie, ale bylo nutno, aby byly ve stejném poměru. Proto byly respondenti v Praze už účelně vybíráni.

K dotazování byly použity zafóliované archy s obrázky raků. Dotazníkový arch obsahoval osm barevných fotek vybraných druhů raků vyskytujících se v Evropě (viz. Obr. 58 a 59). Archy byly čtyři se stejnými fotkami, ale tyto byly seřazeny vždy v jiném pořadí. Respondenti měli za úkol k jednotlivým obrázkům napsat, o jakého raka se jedná. Pojmenování mohlo být česky či latinsky, celým rodovým a druhovým jménem nebo jiným názvem, pod kterým ho respondenti znají. Dále se zjišťovaly a zapisovaly sociodemografické informace dotazovaných (bydliště, věk a zaměstnání).



Obr. 58, 59: Používané archy, vytvořeny pracovníky katedry zoologie a rybářství, ČZU: jednotlivé archy s přeházenými obrázky (vlevo); varianta (D) archu se správným pojmenováním jednotlivých druhů (vpravo); mlži byli součástí jiného výzkumu, a ne předložené bakalářské práce

5 VÝSLEDKY

Výsledky ze ZOO Dvůr Králové nad Labem

Celkem dotazovaných lidí: 157 (100 %)

Celkem vyplněných formulářů: 82 (52 %)

Celkem nevyplněných formulářů: 11 (7 %)

Celkem odmítnutí: 64 (41 %)

1) Bydliště dotazovaných návštěvníků

Hradec Králové	22x
Dvůr Králové nad Labem	17x
Praha	13x
Pardubice	4x
Poděbrady	4x
Litoměřice	3x
Nová Páka	3x
Červený Kostelec	2x
České Budějovice	2x
Mladá Boleslav	2x
Nový Bydžov	2x
Olomouc	2x
Trutnov	2x
Černošice	1x
Chrudim	1x
Městec Králové	1x
Tábor	1x

2) Věk dotazovaných návštěvníků

19 – 25 let	38x
26 – 35 let	16x
36 – 45 let	18x

46 – 55 let	10x
-------------	-----

3) Determinace raků

	Rak rozpoznán	Rak nerozpoznán
Rak pruhovaný	42x / 51 %	40x / 49 %
Rak červený	40x / 49 %	42x / 51 %
Rak bahenní	30x / 17 %	52x / 83 %
Rak říční	30x / 17 %	52x / 83 %
Rak mramorovaný	13x / 16 %	69x / 84 %
Rak kamenáč	11x / 13 %	71x / 87 %
Rak signální	8x / 10 %	74x / 90 %
<i>Cherax destructor</i>	0x / 0 %	82x / 100 %

Výsledky ze ZOO Praha

Celkem dotazovaných lidí: 32 (100 %)

Celkem vyplněných formulářů: 18 (56 %)

Celkem nevyplněných formulářů: 2 (6 %)

Celkem odmítnutí: 12 (38 %)

1) Bydliště dotazovaných návštěvníků

Praha	11x
Beroun	2x
Příbram	2x
Liberec	2x
Roztoky	1x

2) Věk dotazovaných návštěvníků

36 – 45 let	11x
46 – 55 let	7x

3) Determinace raků

	Rak rozpoznán	Rak nerozpoznán
Rak červený	10x / 56 %	8x / 44 %
Rak říční	5x / 28 %	13x / 72 %
Rak pruhovaný	4x / 22 %	14x / 78 %
Rak bahenní	3x / 17 %	15x / 83 %
Rak kamenáč	2x / 11 %	16x / 89 %
Rak mramorovaný	1x / 6 %	17x / 94 %
Rak signální	0x / 0 %	18x / 100 %
<i>Cherax destructor</i>	0x / 0 %	18x / 100 %

Součet informací z obou zoologických zahrad

Celkem dotazovaných lidí: 189 (100 %)

Celkem vyplněných formulářů: 100 (53 %)

Celkem nevyplněných formulářů: 13 (7 %)

Celkem odmítnutí: 76 (40 %)

1) Bydliště dotazovaných návštěvníků

Praha	24x
Hradec Králové	22x
Dvůr Králové nad Labem	17x
Pardubice	4x
Poděbrady	4x
Litoměřice	3x
Nová Paka	3x
Beroun	2x
Červený Kostelec	2x
České Budějovice	2x
Jihlava	2x
Liberec	2x

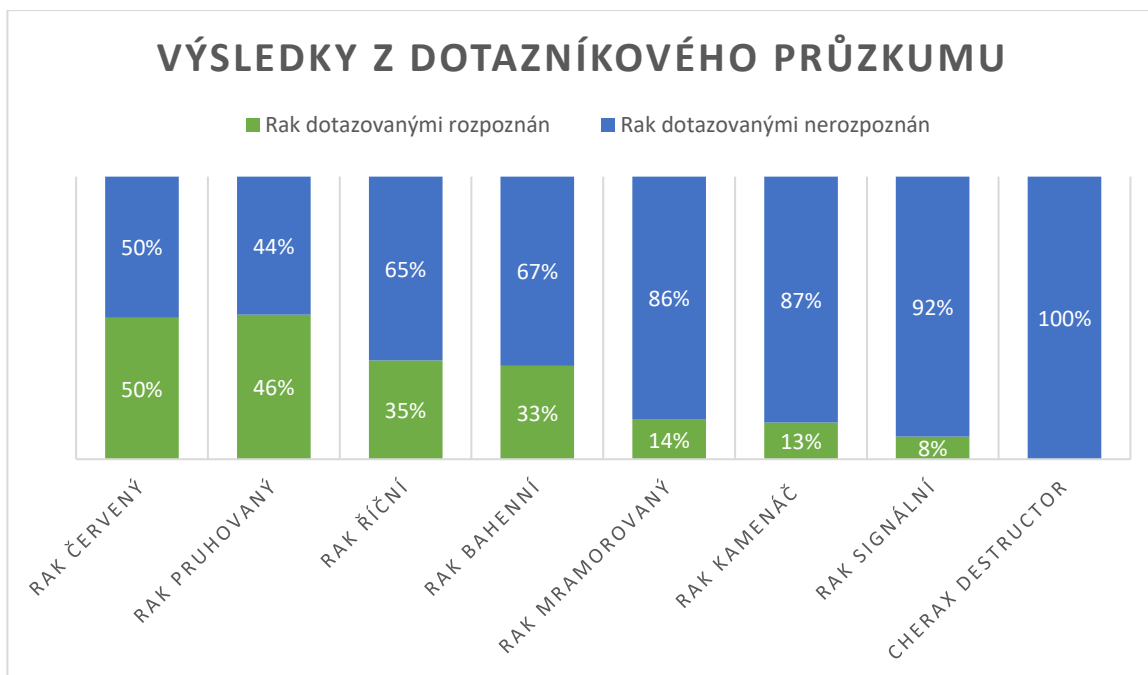
Mladá Boleslav	2x
Nový Bydžov	2x
Olomouc	2x
Trutnov	2x
Černošice	1x
Chrudim	1x
Městec Králové	1x
Roztoky	1x
Tábor	1x

2) Věk dotazovaných návštěvníků

19 – 25 let	38x
26 – 35 let	16x
36 – 45 let	29x
46 – 55 let	17x

3) Determinace raků

	Rak rozpoznán	Rak nerozpoznán
Rak červený	50x / 50 %	50x / 50 %
Rak pruhovaný	46x / 46 %	44x / 44 %
Rak říční	35x / 35 %	65x / 65 %
Rak bahenní	33x / 33 %	67x / 67 %
Rak mramorovaný	14x / 14 %	86x / 86 %
Rak kamenáč	13x / 13 %	87x / 87 %
Rak signální	8x / 8 %	92x / 92 %
<i>Cherax destructor</i>	0x / 0 %	100x / 100 %



Obr. 60: Procentuálně vyjádření správného či špatného určení jednotlivých druhů raků od 100 respondentů, vytvořeno autorkou práce

V průběhu průzkumu se objevilo mnoho návštěvníků, kteří zájem o vyplnění dotazníku neměli. Další v řadě byli návštěvníci, kteří zájem zúčastnit se průzkumu sice měli, ale nebyli schopni žádný z vyobrazených druhů pojmenovat. Tato skupina dotazovaných byla zařazena do kategorie nevyplněných formulářů a následně seznámena, o jaké raky se jedná. Žádný z respondentů nebyl schopný pojmenovat všechny vyobrazené druhy.

Všichni dotazovaní byli seznámeni s účelem této výzkumné práce a souhlasili se zahrnutím svých odpovědí do závěrečného vyhodnocení.

6 DISKUZE

Výsledky získané na základě dotazníkového průzkumu, který se týkal poznávání vybraných druhů raků vyskytujících se na území Evropy, vypovídají o nedostatečné znalosti veřejnosti, která jeví zájem o přírodu. Polovina dotazovaných respondentů správně poznala raka červeného (*Procambarus clarkii*) a raka pruhovaného (*Orconectes limosus*). Přes 30 % dotazovaných respondentů poznalo také raka říčního (*Astacus astacus*) a raka bahenního (*Astacus leptodactylus*). Naopak nikdo nepoznal raka *Cherax destructor*.

Zvláštností je, že nejpoznávanější raci pocházejí původně ze Severní a Střední Ameriky a v Evropě tudíž patří mezi druhy nepůvodní (Kozák et al., 2014). Rak červený (*P. clarkii*) je severoamerický druh, který byl do Evropy vysazen, ale v České republice se ve volných vodách zatím nevyskytuje (Kouba et al., 2014). Více než 90 % respondentů napsalo pod obrázek, že se jedná o raka červeného. Jelikož byla na fotce červená (divoká) varianta zbarvení, je pravděpodobné, že se velká část respondentů řídila právě tímto zbarvením těla. Barva patří mezi dodatečné znaky k určení druhu, nelze ji však brát za hlavní determinační znak, a to ani přesto, že zbarvení dospělých jedinců je skutečně převážně tmavě červené (Pöckl et al., 2006). Zbarvení se tedy shodovalo i s názvem, ale není charakteristické pouze pro raka červeného (Holdich et al., 2006; Pöckl et al., 2006). Mezi akvaristy je rak červený oblíbený také s modrým, oranžovým a bílým zbarvením či s kombinací těchto barev (Pöckl et al., 2006). Aby byly výsledky reálné a potvrdily tak skutečnou znalost návštěvníků ohledně hlavních determinačních znaků, které se u jednotlivých druhů liší, tak byly vybrány jen ty odpovědi, u kterých respondenti nezaváhali a nepotřebovali radu.

Rak červený je druhem, který je nejrozšířenější na světě, vyskytuje se na všech kontinentech s výjimkou Austrálie a Antarktidy (Hobbs et al., 1989; Huner, 2002). Tento druh je pro původní českou astakofaunu značně nebezpečný (Patoka et al., 2014a). Je schopen přecházet mezi lokalitami po souši, proto je pravděpodobně pouze otázkou času, než se rozšíří i na území České republiky (Gherardi et al., 2000). Jeho výskyt již byl zaznamenán na německé straně Krušných hor (Kouba et al., 2014).

Z výzkumu se zjistilo, že mezi veřejností zůstává zatím nejméně známý jeden z nejtypičtějších australských raků, tedy *Ch. destructor*, který je v Evropě chován hlavně v produkční akvakultuře (Patullo et al., 2009; Patoka, 2012). Většina respondentů, kteří ho neznají z tohoto hlediska, se nechala ovlivnit také jeho zbarvením a pojmenovali ho jako raka modrého. Zbarvení jeho těla bývá dosti variabilní, hlavně v přírodním prostředí, kde tito raci bývají zbarveni nejčastěji od béžové do černé. Mezi akvaristy je ale cíleně šlechtěn na varietu

modrou (v té je též znázorněn na obrázku v archu); může se vyskytovat také ve žlutém či červeném zbarvení (Hutching, 1988; Mosig, 1998; Pöckl et al., 2006; Patoka et al., 2012). Je možné, že *Ch. destructor* byl některým respondentům známý z akvaristických chovů, ale z důvodu, že není v České republice zatím zaveden validní český název, ho žádný respondent nepoznal.

Cherax destructor pro Evropu, a tedy i pro Českou republiku, představuje kvůli jeho agresivitě vůči jiným (původním) druhům, teritoriálnosti a adaptabilitě značné riziko. Také způsobuje starosti zemědělcům i vodohospodářům, jelikož je schopen budovat 50–200 cm hluboké nory (Jerry et al., 2005; Kozák et al., 2014). Nalézt ho také můžeme v restauracích jako pokrm či v internetových obchodech (Kozák et al., 2014). V Austrálii, zemi jeho původu, je chován pro rekreační lov, konzumaci a rybáři je často využíván jako rybářská nástraha (Kozák et al., 2014).

Část respondentů dokázala poznat naše původní druhy, a to raka říčního a raka kamenáče (Patoka, 2012). Právě na tyto dva druhy je v České republice vyvíjen soustavný tlak ze strany nepůvodních raků a lidskou činností, což může v budoucnu vést až k jejich vymizení (McKinney and Lockwood, 1999; Kozák a kol., 2009a).

Původní druhy raků v České republice jsou ohrožovány celou řadou vlivů, obzvláště když dnešní globalizovaný a otevřený svět představuje ideální prostředí pro migraci živočišných druhů, z nichž se některé projevují invazně. A právě tyto invazivní druhy představují významnou a rychle narůstající hrozbu pro původní biologickou rozmanitost nejen v České republice. Invazivní druhy raků přenášejí na původní raky račí mor a ohrožují je predací či přebíráním potravních zdrojů (Schulz et al., 2006a; Kozubíková et al., 2009).

Značné hrozby pramení z lidské činnosti, která se vědomě či nevědomě stala nejvýznamnějším vektorem v šíření raků. Začalo to introdukcemi z jiných zemí, ať už z důvodů komerčních nebo s dobrým úmyslem nahradit populace původních druhů, které byly zdecimovány račím morem, a následně rozšiřováním především mezinárodními obchody, cestovním ruchem a přepravou zboží. Vše pokračovalo intenzivním zemědělským využitím půdy, nešetrnými vodohospodářskými zásahy do toků, znečišťováním vodních toků či nadměrným vysazováním ryb, spolu s nevhodně volenou rybí obsádkou (Hobbs et al., 1989; Henttonen and Huner, 1999; Schulz et al., 2002; Kettunen and ten Brink, 2006; Schulz et al., 2006b; Chucholl, 2013). Lidé eliminují počty populací také tím, že se snaží získávat raky pomocí průmyslového lovu z jejich přírodních lokalit. V Evropě se pro konzumní účely ročně odloví osm tisíc tun raků. Upřednostňovány a lépe ceněny jsou původní druhy, tedy rak říční a rak bahenní (Holdich et al., 2006). Kvalita masa raka říčního se navíc považuje za nejcennější

(Skurdal and Taugbøl, 2002). To vše zapříčiňuje ztrátu vhodných lokalit a ubývání původních populací raků. Tento úbytek se pak odráží v narušení rovnováhy biologických společenstev (Svobodová a kol., 2009). Zavlečené druhy raků neohrožují jen původní raky, ale jsou také schopny poranit ryby a tím napomoci k rozvoji různých plísní a dalších infekčních nemocí ryb (Alderman et al., 1987).

Šíření nepůvodních druhů podporují lidé nevědomě také tím, že chtějí nevhodnými zásahy chránit přírodu. Při nalezení jakéhokoliv raka, se ho snaží vrátit zpět do volné přírody, což není v případě nepůvodních druhů přínosem. Většina rybářů, ale i ostatní veřejnost, má za to, že všichni raci jsou chráněni. Někteří chovatelé taktéž, při přemnožení v akvaristických chovech, vědomě vypouštějí raky do volné přírody, případně jim umožní uniknout např. ze zahradních jezírek. Kvůli takovému přístupu a celkové neinformovanosti veřejnosti dochází k významnému přemnožení několika nepůvodních druhů, které se tak dále šíří (Henttonen and Huner, 1999; Hobbs et al., 1989; Taugbøl and Skurdal, 1999; Petrusková a kol., 2007, Patoka et al., 2014b).

V dnešní době pro přírodu v České republice představuje největší hrozbu raci signální (*Pacifastacus leniusculus*) a raci pruhovaný (*Orconectes limosus*), kteří jsou u nás zatím nejrozšířenější z nepůvodních druhů. Velké předpoklady k rozšiřování má i rak mramorovaný (*Procambarus fallax f. virginialis*), rak červený (*Procambarus clarkii*) a *Ch. destructor* (Patoka et al., 2014a; Kozák et al., 2014). Rak mramorovaný a rak pruhovaný se navíc rozmnožují nepohlavně a tudíž mají obrovský potenciál pro rozšíření v přírodě (Groot et al., 2003; Martin et al., 2010; Buřič et al., 2011).

Každý stát musí ročně vynakládat obrovské finance na boj proti invazivním druhům a na odstraňování jimi způsobených škod. Například Evropská unie vynakládá cca 12 mld. euro ročně (Kettunen et al., 2009). Dále vyčleňuje finance na realizaci různých projektů, které se týkají chráněných oblastí v rámci sítě Natura 2000 (soustava chráněných území) i mimo ni (Příroda a biologická rozmanitost, 2009).

K ochraně přírody musí napomáhat legislativa. Bohužel ta je v České republice z hlediska řešení následků biologických invazí zatím nedostatečná. V České republice není dostatečně legislativně podpořena účinná prevence, monitoring, tvorba systémů včasné detekce a další principy doporučené pro management nepůvodních druhů (Lusk a kol., 2011).

Současný stav populací původních druhů raků v české astakofauně podle AOPK ČR není optimální. Nežádoucí severoamerické druhy početností převládají nad původními druhy přibližně v poměru 2:1 a je takřka nemožné se jich zbavit (Holdich et al., 2009). Podle Filipové et al. (2006) zatím není znám efektivní způsob likvidace nepůvodních druhů raků bez značného

negativního dopadu na celý ekosystém. Při nejmenším je potřeba eliminovat výskyt nepůvodních druhů ve volných vodách. V tomto kontextu se především záchranné programy snaží o vysazování původních druhů zpátky do volné přírody. V případě raka říčního a raka kamenáče v České republice by mělo být vysazování považováno spíše za repatriační akce. Repatriace znamená vysazení na místech, která jsou součástí jejich původních areálů, z nichž tyto druhy dříve vymizely v důsledku negativních zásahů člověka. Vysazování jedinců probíhá také na zcela nových lokalitách, které jsou mimo jejich původních oblastí, což za repatriaci nelze považovat. Záchranné programy tohoto typu se musí provádět pod dohledem odborníků, kteří vlastní výjimku dle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny (Rogers and Holdich, 1997; Kozák et al., 2014).

Vysazování původních druhů probíhá v každé evropské zemi za jiným účelem. Ve většině střeoevropských a západoevropských zemí má vypouštění raků především ochranný význam. Ve skandinávských zemích je vysazování důležité především pro hospodářské využití. Zajímavé je i to, že pobaltské státy podporují vysazování z důvodu poptávky po původních racích. Rak říční je pro ně zde velmi cenný artikl. Umělý chov raka říčního je ve větší míře prováděn ve 13 evropských zemích, kterými jsou Finsko, Francie, Irsko, Itálie, Litva, Německo, Norsko, Rakousko, Rusko, Španělsko, Švédsko a Velká Británie (Kozák a kol., 2009b).

Pro obnovení původních druhů je také důležité vytvářet nezasažené oblasti nepůvodními druhy tzv. no – go areas, dále mapování a monitoring populací původních druhů ale i nepůvodních druhů (Rogers and Holdich, 1997). Jen dlouhodobý monitoring raků dokáže zjistit současný stav v přírodě a trendy hodnocených populací. Navíc dokáže sledovat i šíření nepůvodních druhů. Důležitá je také podpora stávajících původních populací. Potřeba je především se soustředit na důslednou ochranu biotopů populací. Neziskové organizace (například Český svaz ochránců přírody), které se snaží efektivně pomáhat našim původním rakům se v tomto směru snaží především revitalizací toků, odstraňováním migračních bariér a podobně (Petrušková a kol., 2007).

I přes introdukční a repatriační zásahy je potřeba do problematiky nepůvodních druhů zapojit i samotnou veřejnost. Pro zabránění dalšího šíření nepůvodních druhů raků je tedy nejdůležitější rozšíření osvěty. Je potřeba dostatečně informovat laickou veřejnost, popřípadě se jí snažit pasivně zapojit do řešení „račí problematiky“, poskytnout relevantní informace o determinaci původních a nepůvodních druhů raků, o vlivu nepůvodních druhů, o negativních důsledcích přenášení raků na nové lokality a o račím moru. V Německu se ochranných akcí

účastní i základní školy (Petrušková a kol., 2007; Buřič a kol., 2009b). Bez účinné osvěty se budou veškeré restrikce a ochranná opatření míjet účinkem.

7 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce v první části shromáždila důležité informace ohledně původních a nepůvodních druhů raků, které se vyskytují na území České republiky. Ve druhé části byly pomocí dotazníkového průzkumu získány informace o znalostech laické veřejnosti. Dotazníkový průzkum byl soustředěn na determinaci vybraných druhů raků, které se vyskytují v Evropě. Výsledky respondentů byly pomocí informací získaných z rešeršní části porovnány a vyhodnoceny. Z výsledků vyplývá následující:

Znalosti veřejnosti jsou poměrně malé a nedostatečné. Ukázalo se, že respondenti měli problém s pojmenováním jednotlivých druhů a o současné situaci z hlediska nepůvodních druhů jsou málo informováni. Výsledky byly do jisté míry očekávané. Ke zlepšení stavu je navrženo přistupovat následovně:

1. Dostatečně informovat veřejnost a snažit se ji pasivně i aktivně zapojit do problematiky spojené s nepůvodními druhy
 - Jednoduše definovat determinační znaky a praktikovat je na rozlišení druhů původních od nepůvodních
 - Vysvětlit problematiku šíření nepůvodních druhů v rámci kampaní v různých médiích včetně sociálních sítí
 - Případný nález nepůvodního raka či raka obtížně určitelného je třeba tuto skutečnost co nejrychleji nahlásit na AOPK ČR či jinému orgánu ochrany přírody
 - Upozorňovat na to, že k jakékoliv manipulaci s chráněným druhem (rak říční, rak kamenáč, a dokonce i nepůvodní rak bahenní) je třeba obdržet potřebnou výjimku
2. Zakázat či omezit chov nepůvodních druhů, které byly vyhodnocené jako nebezpečné či potenciálně nebezpečné
3. Nadále provádět mapování a monitoring původních i nepůvodních raků
4. Chránit cenné biotopy s výskytem původních raků
5. Rozvíjet odborně erudované neziskové organizace
6. Podporovat a rozšiřovat záchranné chovy

8 SEZNAM LITERATURY

Ackefors, H., Castell, J. D., Boston, L. D., Rätty, P., Svensson, M. 1992. Standard experimental diets for crustacean nutrition research. II. Growth and survival of juvenile crayfish *Astacus astacus* (Linné) fed diets containing various amounts of protein, carbohydrate and lipid. *Aquaculture*. 104 (3-4). 341-356.

Ackefors, H. 1998. The culture and capture crayfish fisheries in Europe. *World Aquaculture*. 29 (2). 18-24. 64-67.

Ahern, D., England, J., Ellis, A. 2008. The virile crayfish, *Orconectes virilis* (Hagen, 1870) (Crustacea: Decapoda: Cambaridae), identified in the UK. *Aquatic Invasions* 3 (1). 102-104.

Aiken, D. E., Waddy, S. L. 1992. The growth process in crayfish. *Reviews of Aquatic Sciences*. 6. 335-381.

Alderman, D. J. 1996. Geographical spread of bacterial and fungal diseases of crustaceans. *Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties*. 15. 603–632.

Alderman, D. J., Polglase, J. L. 1986. *Aphanomyces astaci*: isolation and culture. *Journal of Fish Diseases*. 9 (5). 367-379.

Alderman, D. J., Polglase, J. L., Frayling, M. 1987. *Aphanomyces astaci* pathogenicity under laboratory and field conditions. *Journal of Fish Diseases*. 10. 385–393.

Appelberg, M. 1987. Some factors regulating the crayfish *Astacus astacus* L. in acid and neutralized waters. *Annalen van de Koninklijke Belgische Vereniging voor Dierkunde*. 117. 166-179.

Aquiloni, L., Martin, M. P., Gherardi, F., Diéguez-Uribeondo, J. 2011. The North American crayfish *Procambarus clarkii* is the carrier of the oomycete *Aphanomyces astaci* in Italy. *Biological Invasions*. 13 (2). 359-367.

Becker, C. D., Genoway, R. G., Merrill, J. A. 1975. Resistance of a northwestern crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), to elevated temperatures. *Transactions of the American Fisheries Society*. 104 (2). 374-387.

Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C. R. 1997. *Ekologie: jedinci, populace a spoločenstva*. Vydavatelství Univerzity Palackého. Olomouc. s. 949. ISBN: 8070676957.

- Bohl, E. 1987. Comparative studies on crayfish brooks in Bavaria (*Astacus astacus* L., *Austropotamobius torrentium* Schr.). *Freshwater Crayfish*. 7. 287-294.
- 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.
- Breinholt, J., Pérez-Losada, M., Crandall, K. A. 2009. The timing of the diversification of the freshwater crayfishes. *Decapod Crustacean Phylogenetics*. 17. 343-355.
- Brinck, P. 1977. Developing crayfish populations. *Freshwater Crayfish*. 3. 211-228.
- Bubb, D. H., Thom, T. J., Lucas, M. C. 2004. Movement and dispersal of the invasive signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in upland rivers. *Freshwater Biology*. 49 (3). 357-368.
- Bubb, D. H., Thom, T. J., Lucas, M. C. 2006. Movement, dispersal and refuge use of co-occurring introduced and native crayfish. *Freshwater Biology*. 51 (7). 1359-1368.
- Burton, T., Knott, B., Judge, D., Vercoe, P., Brearley, A. 2007. Embryonic and juvenile attachment structures in *Cherax cainii* (Decapoda: Parastacidae): implications for maternal care. *The American Midland Naturalist*. 157 (1). 127-136.
- Buřič, M., Hulák, M., Kouba, A., Petrusek, A., Kozák, P. 2011. A successful crayfish invader is capable of facultative parthenogenesis: a novel reproductive mode in decapod crustaceans. *PloS One*. 6 (5). e20281.
- Buřič, M., Kozák, P., Kouba, A. 2009a. Movement patterns and ranging behavior of the invasive spiny-cheek crayfish in a small reservoir tributary. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie*. 174 (4). 329-337.
- Buřič, M., Kouba, A., Polícar, T., Kozák, P. 2009b. Invasive crayfishes in Czech open waters and the mechanisms supporting their negative effect on native crayfish stocks. *Bulletin-VÚRH Vodňany*. 45 (2/3). 5-16.
- Cerenius, L., Bangyeekhun, E., Keyser, P., Söderhäll, I., Söderhäll, K. 2003. Host prophenoloxidase expression in freshwater crayfish is linked to increased resistance to the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci*. *Cellular Mikrobiology*. 5 (5). 353-357.
- Cerenius, L., Söderhäll, K., Persson, M., Axajon, R., 1988. The crayfish plague fungus *Aphanomyces astaci* diagnosis, isolation, and pathobiology. *Freshwater Crayfish*. 7. 131-144.

- Crandall, K. A. 2006. Applications of phylogenetics to issues in freshwater crayfish biology. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 380-381. 953-964.
- Crandall, K. A., Buhay, J. E. 2008. Global diversity of crayfish (Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae - Decapoda) in freshwater. *Hydrobiologia*. 595 (1). 295-301.
- Crandall, K. A., Harris, D. J., Fetzner, J. W. 2000. The monophyletic origin of freshwater crayfish estimated from nuclear and mitochondrial DNA sequences. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*. 267 (1453). 1679-1686.
- Demers, A., Souty-Grosset, C., Trouilhé, M. C., Füreder, L., Renai, B., Gherardi, F. 2006. Tolerance of three European native species of crayfish to hypoxia. *Hydrobiologia*. 560 (1). 425-432.
- Diéguez-Uribeondo, J., Söderhäll, K. 1993. *Procambarus clarkii* Girard as a vector for the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci* Schikora. *Aquaculture and Fisheries Management*. 24. 761-765.
- Dolný, A., Ďuriš, Z. 2001. Výskyt ohrožených bezobratlých na důlních odkalištích v Karviné. *Živa*. 49. 268-270.
- Dunn, J. C., McClymont, H. E., Christmas, M., Dunn, A. M. 2009. Competition and parasitism in the native White Clawed Crayfish *Austropotamobius pallipes* and the invasive Signal Crayfish *Pacifastacus leniusculus* in the UK. *Biological Invasions*. 11 (2). 315-324.
- Dyk, V. 1977. Rak říční jako ukazatel čistoty vod. *Památka a příroda*. 10. 632-635.
- Ďuriš, Z., Horká, I. 2007. First record of the invasive spinycheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque) in Moravian and Silesian region, Czech Republic. *Časopis Slezského Zemského Muzea (A)*. 56. 49-52.
- Dušek, J., Hošek, M., Kolářová, J. 2007. Hodnotící zpráva o stavu z hlediska ochrany evropsky významných druhů a typů přírodních stanovišť v České republice za období 2004 - 2006. *Ochrana přírody*. 62 (5). 1-4.
- Faller, M., Maguire, I., Klobučar, G. 2006. Annual activity of the noble crayfish (*Astacus astacus*) in the Orłjava River (Croatia). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 383. 23-40.

- Feldhamer, G. A., Thompson, B. C., Chapman, J. A. 2003. Wild mammals of North America: biology, management, and conservation. The Johns Hopkins University Press. Baltimore. p. 663. ISBN: 9780801874161.
- Feldmann, R. M., Schweitzer, C. E. 2006. Paleobiogeography of southern hemisphere decapod Crustacea. *Journal of Paleontology*. 80 (1). 83-103.
- Filipová, L., Holdich, D. M., Lesobre, J., Grandjean, F., Petrusek, A. 2010. Cryptic diversity within the invasive virile crayfish *Orconectes virilis* (Hagen, 1870) species complex: new lineages recorded in both native and introduced ranges. *Biological Invasions*. 12 (5). 983-989.
- Filipová, L., Lieb, D. A., Grandjean, F., Petrusek, A. 2011. Haplotype variation in the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus*: colonization of Europe and genetic diversity of native stocks. *Journal of the North American Benthological Society*. 30 (4). 871-881.
- Filipová, L., Petrusek, A., Kozák, P., Policar, T. 2006. *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) - rak signální. In: Mlíkovský J., Stýblo. P. (eds.). *Nepůvodní druhy ve fauně a flóře České republiky*. ČSOP. Praha. s. 239–240. ISBN: 8086770176.
- Fischer, D., Bádř, V., Vlach, P., Fischerová, J. 2004. Nové poznatky o rozšíření raka kamenáče v Čechách. *Živa*. 52 (90). 2.
- Fischer, D. 2006. Výčet a popis rizikových zásahů, které mohou negativně ovlivnit vývoj populací raků a způsoby jejich řešení. *Metodika záchranných transferů raků*. V držení Ministerstva životního prostředí ČR.
- Fischer, D., Pavlůvčík, P., Sedláček, F. Šálek, M. 2009. Predation of the alien American mink, *Mustela vison* on native crayfish in middle-sized streams in central and western Bohemia. *Folia Zoologica*. 58 (1). 45-56.
- Füderer, L., Edsman, L., Holdich, D. M., Kozák, P., Machino, Y., Pöckl, M., Renai, B., Reynolds, J. D., Schulz, H., Schulz, R., Sint, D., Taugbol, T., Trouilhé, M. C. 2006. Indigenous crayfish habitat and threats. In: Souty-Groset, C., Holdich, D. M., Noël, P. Y. (eds.). *Atlas of Crayfish in Europe*. Publications Scientifiques du MNHN. Paris. p. 25-48. ISBN: 2856535798.
- Gherardi, F. 2002. Behavior. In: Holdich, D. M. (ed.). *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science. Oxford. p. 258-290. ISBN: 063205431X.

- Gherardi, F. 2007. Biological invasions in inland waters: an overview. *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution, and threats*. Springer, Netherlands, Italy. p. 3-25. ISBN: 9781402060298.
- Gherardi, F., Barbaresi, S., Salvi, G. 2000. Spatial and temporal patterns in the movement of *Procambarus clarkii*, an invasive crayfish. *Aquatic Sciences*. 62 (2). 179-193.
- Goddard, J. S. 1988. Food and feeding. In: Holdich, D. M., Lowery, R. S. (eds). *Freshwater crayfish: biology, management and exploitation*. Croom Helm. London. p. 145-166. ISBN: 070993792X.
- Groot, T. V. M., Bruins, E., Breeuwer, J. A. J. 2003. Molecular genetic evidence for parthenogenesis in the Burmese python, *Python molurus bivittatus*. *Heredity*. 90 (2). 130-135.
- Hager, J. 1996. *Edelkrebse: Biologie; Zucht; Bewirtschaftung*. Leopold Stocker Verlag. Graz-Stuttgart. p. 128. ISBN: 3702007512.
- Hama, N., Takahata, M. 2005. Modification of statocyst input to local interneurons by behavioral condition in the crayfish brain. *Journal of Comparative Physiology A*. 191 (8). 747-759.
- Hamr, P. 2002. Orconectes. In: Holdich, D. M. (ed.). *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science. Oxford. p. 585-608. ISBN: 063205431X.
- Hanzák, Jan. 1970. *Naši savci*. Albatros. Praha. 347 s. ISBN: 1302470.
- Hazlett, B. A., Burba, A., Gherardi, F., Acquistapace, P. 2003. Invasive species of crayfish use a broader range of predation-risk cues than native species. *Biological Invasions*. 5 (3). 223-228.
- Henttonen, P., Huner, J.V. 1999. The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction. In: Gherardi, F., Holdich, D. M. (eds.). *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?*. *Crustacean Issues*. 11. 13-22.
- Herle, J., Bareš, P. 1990. *Čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění*. Státní nakladatelství technické literatury. Praha. 208 s. ISBN: 8003005876.
- Hobbs, H. H. 1974a. Synopsis of the families and genera of crayfishes, Crustacea-Decapoda. Smithsonian Institution Press. p. 164. Washington DC.
- Hobbs, H. H. 1974b. A checklist of the North and Middle American crayfishes (Decapoda: Astacidae and Cambaridae). Smithsonian Institution Press. Washington DC. p. 166.

- Hobbs Jr, H. H. 1981. The crayfishes of Georgia. Smithsonian contributions to zoology (USA). 318. p. 549.
- Hobbs Jr, H. H. 1988. Crayfish distribution, adaptive radiation and evolution. In: Holdich, D. M., Lowery, R. S. (eds). Freshwater crayfish: biology, management and exploitation. Croom Helm. London. p. 52-82. ISBN: 070993792X.
- Hobbs, H. H., Hobbs, H. H., Daniel, M. A. 1977. A review of the troglobitic decapod crustaceans of the Americas. Smithsonian Institution Press. 244. 183.
- Hobbs, H. H., Hobbs, H. H. 1987. A review of the crayfish genus *Astacoides* (Decapoda: Parastacidae). Smithsonian Institution Press. 443. 50.
- Hobbs, H. H., Jass, J. P., Huner, J. V. 1989. A review of global crayfish introductions with particular emphasis on two North American species (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*. 56 (3). 299-316.
- Hogger, J. B. 1986. Aspects of the introduction of “signal crayfish”, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), into the southern United Kingdom. 1. Growth and survival. *Aquaculture*. 58 (1-2). 27-44.
- Hogger, J. B. 1988. Ecology, Population Biology and Behaviour. In: Holdich, D. M., Lowery R. S. (eds.). Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation. The University Press. Cambridge. 114-144. ISBN: 070993792X.
- Holdich, D. M. (ed.). 2002. Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science. Oxford. p. 702. ISBN: 063205431X.
- Holdich, D., Black, J. 2007. The spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) [Crustacea: Decapoda: Cambaridae], digs into the UK. *Aquatic Invasions*. 2 (1). 1-15.
- Holdich, D. M., Haffner, P., Noël, P., Carral, J., Föderer, L., Gherardi, F., Machino, Y., Madec, J., Pöckl, M., Śmietana, P., Taugbol, T., Vigneux, E. 2006. Species files. In: Souty-Groset, C., Holdich, D.M., Noël, P. (eds.). Atlas of Crayfish in Europe. Muséum national d'Histoire naturelle. Paris Patrimoines naturels. p. 49-130. ISBN: 9782856535790.
- Holdich, D. M., Pöckl, M. 2007. Invasive crustaceans in European inland waters. In: Gherardi, F. (ed.). Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats. Springer Netherlands. 29-75.

- Holdich, D. M., Reeve, I. D. 1988. Functional morphology and anatomy. In: Holdich, D. M., Lowery, R. S. (eds). Freshwater crayfish: biology, management and exploitation. Croom Helm. London. p. 11-51. ISBN: 070993792X.
- Holdich, D. M., Reynolds, J. D., Souty-Grosset, C., Sibley, P. J. 2009. A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. 11. 394-395.
- Horká, I. 2006. *Astacus leptodactylus* (Eschscholz, 1823) - Rak bahenní. In: Mlíkovský, J., Stýblo, P. (eds.). Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. ČSOP. Praha. p. 229-231. ISBN: 8086770176.
- Hutchings, R. 1988. A review of the Australian freshwater crayfish fauna with reference to aquaculture. Freshwater Crayfish. 7. 13-18.
- Huner, J. V. 2002. *Procambarus*. In: Holdich, D. M. (ed.). Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science. Oxford. p. 541-584. ISBN: 063205431X.
- Chobot, K. 2006. Mapování raků v AOPK ČR. Ochrana přírody. 61 (2). 57-59.
- Chucholl, C., Morawetz, K., Groß, H. 2012. The clones are coming—strong increase in Marmorokrebs [*Procambarus fallax* (Hagen, 1870) f. *virginalis*] records from Europe. Aquatic Invasions. 7. 511-519.
- Chucholl, C. 2013. Invaders for sale: trade and determinants of introduction of ornamental freshwater crayfish. Biological Invasions. 15 (1). 125-141.
- Ingle, R. W. 1977. Laboratory and SCUBA studies on the behaviour of the freshwater crayfish, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). Republic Underwater, Association. 2. 1-15.
- Ingle, R. W., Thomas, W. 1974. Mating and spawning of the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Crustacea: Astacidae). Journal of Zoology. 173 (4). 525-538.
- Jaszczolt, J., Szaniawska, A. 2011. The spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) as an inhabitant of the Baltic Sea - experimental evidences for its invasion of brackish waters. Oceanological and Hydrobiological Studies. 40 (3). 52-60.
- Jerry, D. R., Purvis, I. W., Piper, L. R., Dennis, C. A. 2005. Selection for faster growth in the freshwater crayfish *Cherax destructor*. Aquaculture. 247 (1). 169-176.

- Jonsson, A. 1992. Shelter selection in YOY crayfish *Astacus astacus* under predation pressure by dragonfly larvae. *Nordic Journal of Freshwater Research*. 67. 82-87.
- Jůva, K., Hrabal, A., Tlapák, V. 1984. *Malé vodní toky*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 253 s.
- Kawai, T., Nakata, K., Hamano, T. 2002. Temporal changes of the density in two crayfish species, the native *Cambaroides japonicus* (De Haan) and the alien *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in natural habitats of Hokkaido, Japan. *Freshwater Crayfish*. 13. 198-206.
- Kawai, T., Scholtz, G., Morioka, S., Ramanamandimby, F., Lukhaup, C., Hanamura, Y. 2009. Parthenogenetic alien crayfish (Decapoda: Cambaridae) spreading in Madagascar. *Journal of Crustacean Biology*. 29 (4). 562-567.
- Kettunen, M., Genovesi, P., Gollasch, S., Pagad, S. and Starfinger, U. 2009. Technical Support to EU Strategy on Invasive Alien Species (IAS). Institute for European Environmental Policy (IEEP). 44.
- Kettunen, M., ten Brink, P. 2006. Value of biodiversity-Documenting EU examples where biodiversity loss has led to the loss of ecosystem services. Final report for the European Commission. Institute for European Environmental Policy (IEEP). Brussels. p. 131.
- Kotovska, G., Khrystenko, D., Patoka, J., Kouba, A. 2016. East European crayfish stocks at risk: arrival of non-indigenous crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 417. 37.
- Kouba, A., Buřič, M., Kozák, P. 2010. Bioaccumulation and effects of heavy metals in crayfish: a review. *Water, Air, and Soil Pollution*. 211 (1-4). 5-16.
- 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., Buřič, M., Polícar, T., Hamáčková, J., Lepičová, A. 2007. The effect of inter- and intra-specific competition on survival and growth rate of native juvenile noble crayfish *Astacus astacus* and alien spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus*. *Hydrobiologia*. 590 (1). 85-94.

- Kozák, P., Ďuriš, Z., Petrusek, A., Buřič, M., Horká, I., Kouba, A., Polícar, T. 2014. Crayfish biology and culture. University of South Bohemia in České Budějovice. Vodňany. p. 418. ISBN: 9788087437421.
- 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. 1-7, 707-713.
- Kozák, P., Polícar, T., Fedotov, V. P., Kuznetsova, T. V., Buřič, M., Kholodkevich, S. V. 2009a. Effect of chloride content in water on heart rate in narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*). Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. 8. 394-395.
- Kozák, P., Polícar, T., Kouba, A., Buřič, M., Ďuriš, Z. 2009b. Problematika reintrodukcí a hospodářského využití původních druhů raků v Evropě, realita a perspektivy v ČR. Ochrana raků v kontextu s rybářským hospodařením. 45 (2-3). 25.
- Kozák, P., Polícar, T., Fedotov, V. P., Kuznetsova, T. V., Buřič, M., Kholodkevich, S. V. 2009c. Effect of chloride content in water on heart rate in narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*). Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. 8. 394-395.
- Kozák, P., Buřič, M., Polícar, T. 2006. The fecundity, time of egg development and juvenile production in spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) under controlled conditions. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture. 380-381. 1171-1182.
- 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.
- Krupauer, V. 1968. Zlatý rak. Nakladatelství České Budějovice. 107 s.
- Laurent, P. J. 1973. *Astacus* and *Cambarus* in France. Freshwater Crayfish. 1. 69-78.
- Lilley, J. H., Cerenius, L., Söderhäll, K. 1997. RAPD evidence for the origin of crayfish plague outbreaks in Britain. Aquaculture. 157 (3-4). 181-185.
- Lindqvist, O.V., Huner, J. V. 1999. Life history characteristics of crayfish: What makes some of them good colonizers?. In: Gherardi, F., Holdich, D. M. (eds.). Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation? Crustacean Issues. 11. 23-30.

- Little, E. E. 1975. Chemical communication in maternal behaviour of crayfish. *Nature*.
- Lodge, D. M., Hill, A. M. 1994. Factors governing species composition, population size and productivity of cool-water cray-fishes. *Nordic Journal of Freshwater Research (Sweden)*. 69. 111-136.
- Lohniský, K. 1983. Raci v našich vodách.[Crayfish in our waters.]. *Rybářství*. 6. 128 – 129.
- 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.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M. 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN). Auckland, New Zealand. p. 12.
- Lowery, R. S. 1988. Growth, moulting and reproduction. In: Holdich, D. M., Lowery, R. S. (eds.). *Freshwater crayfish: biology, management and exploitation*. Croom Helm. London. p. 83-113. ISBN: 070993792X.
- Lowery, R. S., Holdich, D. M. 1988. *Pacifastacus leniusculus* in North America and Europe, with details of the distribution of introduced and native crayfish species in Europe. In: Holdich, D. M., Lowery, R. S. (eds.). *Freshwater crayfish: biology, management and exploitation*. Croom Helm. London. p. 283-308. ISBN: 070993792X.
- Lukhaup, C. 2001. *Procambarus sp.*-Der Marmorkrebs. *Aquaristik aktuell*. 7-8. 48-51.
- Lusk, S., Luskova, V., Hanel, L. 2011. Černý seznam nepůvodních invazivních druhů ryb ČR. *Biodiverzita ichtyofauny ČR*. 8. 79-97.
- Martin, P., Dorn, N. J., Kawai, T., van der Heiden, C., Scholtz, G. 2010. The enigmatic Marmorkrebs (marbled crayfish) is the parthenogenetic form of *Procambarus fallax* (Hagen, 1870). *Contributions to Zoology*. 79 (3). 107-118.
- Martin, P., Thonagel, S., Scholtz, G. 2016. The parthenogenetic Marmorkrebs (Malacostraca: Decapoda: Cambaridae) is a triploid organism. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 54 (1). 13-21.

- McKinney, M. L., Lockwood, J. L. 1999. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends in Ecology and Evolution*. 14 (11). 450-453.
- Merriam, C. H. 1886. *The mammals of the Adirondack region*. Henry Holt and Company. New York. p. 316.
- Mlíkovský, J., Stýblo, P. 2006. *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. ČSOP. Praha. 496 s. ISBN: 8086770176.
- Mourek, J., Zavadil, V., Fischer, D., Štambergová, M., Hoffmannová, K. 2006. Dva druhy raků v Zákolanském potoce. *Budeč*. 1100. 146-164.
- Mosig, J. 1998. *The Australian yabby farmer*. Landlinks Press. p. 214. ISBN: 9780643102422.
- Musil, M., Buřič, M., Polícar, T., Kouba, A., Kozák, P. 2010. Comparison of diurnal and nocturnal activity between noble crayfish (*Astacus astacus*) and spinycheek crayfish (*Orconectes limosus*). *Freshwater Crayfish*. 17. 189-193.
- Novotná, D. 2001. Úvod do pojmosloví v ekologii krajiny. *Enigma*. Praha. 392 - 393 s. ISBN: 8072121928.
- Nyhlén, L., Unestam, T. 1980. Wound reactions and *Aphanomyces astaci* growth in crayfish cuticle. *Journal of Invertebrate Pathology*. 36 (2). 187-197.
- Nyström, P. 2002. Ecology. In: Holdich, D. M. (ed.). *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science Ltd. Oxford. p. 192-235. ISBN: 063205431X.
- Nyström, P., Granéli, W. 1997. The effect of food availability on survival, growth, activity and the number of mature females in crayfish populations. *Freshwater Crayfish*. 11. 170–181.
- Oidtmann, B. 2000. Diseases in freshwater crayfish. In: Rogers, D., Brickland, J. (eds.). *Crayfish conference in Leeds*. Environment Agency. p. 9-18.
- Oidtmann, B., Heitz, E., Rogers, D., Hoffmann, R.W. 2002. Transmission of crayfish plague. *Diseases of Aquatic Organisms*. 52. 159–167.
- Oidtmann, B., Schaefers, N., Cerenius, L., Söderhäll, K., Hoffmann, R.W. 2004. Detection of genomic DNA of the crayfish plague fungus *Aphanomyces astaci* (Oomycete) in clinical samples by PCR. *Veterinary Microbiology*. 100. 269–282.
- Olson, L. W., Cerenius, L., Lange, L., Söderhäll, K. 1984. The primary and secondary spore cyst of *Aphanomyces* (Oomycetes, Saprolegniales). *Nordic Journal of Botany*. 4 (5). 681-696.

- Oluoch, A. O. 1990. Breeding biology of the Louisiana red swamp crayfish *Procambarus clarkii* Girard in Lake Naivasha, Kenya. *Hydrobiologia*. 208 (1). 85-92.
- Patoka, J. 2008. Chováme sladkovodní raky. Grada Publishing. Praha. 128 s. ISBN: 9788024718361.
- Patoka, J. 2012. Chov raků v akváriích. Uplatněná certifikovaná metodika. ČZU v Praze. 45 s. ISBN: 9788021322493.
- Patoka, J., Buřič, M., Kolář, V., Bláha, M., Petrtyl, M., Franta, P., Tropek, R., Kalous, R., Petrusek, A., Kouba, A. 2016. Predictions of marbled crayfish establishment in conurbations fulfilled: Evidences from the Czech Republic. *Biologia*. 71 (12). 1380-1385.
- Patoka, J., Petrtyl, M., Kalous, L. 2012. Raci v České republice: přehled komerčně využívaných druhů. In: Kubík, Š., Barták, M. (eds.). ČZU v Praze. s. 133-142. ISBN: 9788021323438.
- Patoka, J., Kalous, L., Kopecký, O. 2014a. Risk assessment of the crayfish pet trade based on data from the Czech Republic. *Biological Invasions*. 16 (12). 2489-2494.
- Patoka, J., Petrtyl, M., Kalous, L. 2014b. Garden ponds as potential introduction pathway of ornamental crayfish. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 414. 13.
- Patoka, J., Kalous, L., Kopecký, O. 2015. Imports of ornamental crayfish: the first decade from the Czech Republic's perspective. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 4. 416.
- 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.
- Pecina, P., Čepická, A. 1979. Kapesní atlas chráněných a ohrožených živočichů. Státní pedagogické nakladatelství. 1. 144-145. ISBN: 1464883.
- Petrusek, A., Filipová, L., Ďuriš, Z., Horká, I., Kozák, P., Policar, T., Štambergová, M., Kučera, Z. 2006. Distribution of the invasive spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in the Czech Republic. Past and present. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 380-381. 903-918.
- Policar, T., Kozák, P., Kouba, A., Buřič, M. 2009. Basic aspects of hatchery stock production in noble crayfish (*Astacus astacus* L.) in the Europe. *Bulletin VÚRH Vodňany*. 45 (2/3). 66-81.

- Polícar, T., Kozák, P. 2000. Výskyt raků v ČR [Occurrence of crayfish in the Czech Republic.]. Bulletin VÚRH JU Vodňany. 36. 18-22.
- Pyšek, P., Chytrý, M., Moravcová, L., Pergl, J., Perglová, I., Prach, K., Skálová, H. 2008. Návrh české terminologie vztahující se k rostlinným invazím. Zprávy České botanické společnosti. 43. 219-221.
- Pöckl, M., Holdich, D. M., Pennerstorfer, J. 2006. Identifying native and alien crayfish species in Europe. Guglar Cross Media. Austria. p. 47.
- Regier, J. C., Shultz, J. W., Zwick, A., Hussey, A., Ball, B., Wetzer, R., Martin, J. W., Cunningham, C. W. 2010. Arthropod relationships revealed by phylogenomic analysis of nuclear protein-coding sequences. Nature. 463 (7284). 1079-1083.
- Reynolds, J. D. 2002. Growth and reproduction. In: Holdich, D. M. (ed.). Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science. Oxford. p. 152-191. ISBN: 063205431X.
- Reynolds, J. D. 2011. A review of ecological interactions between crayfish and fish, indigenous and introduced. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. 401. 10.
- Reynolds, J., Souty-Grosset, C. 2011. Management of freshwater biodiversity: crayfish as bioindicators. Cambridge University Press. Cambridge. p. 387. ISBN: 9780521514002.
- Rhoades, R. 1962. The Evolution of crayfishes of the genus *Orconectes* section *limosus* (Crustacea: Decapoda). Department of Zoology and Entomology. 65-96.
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., West, C. J. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. Diversity and Distributions. 6 (2). 93– 107.
- Rogers, W. D., Holdich, D. M. 1997. New legislation to conserve the native crayfish in Britain- Will it work?. Freshwater Crayfish 11. Journal of Astacology. 619-626.
- Royo, F., Andersson, G., Bangyeekhun, E., Muzquiz, J. L., Söderhäll, K., Cerenius, L. 2004. Physiological and genetic characterisation of some new *Aphanomyces* strains isolated from freshwater crayfish. Veterinary Microbiology. 104 (1). 103–112.
- Sammy De Grave, N., Pentcheff, D., Ahyong, S. T. 2009. A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. Raffles Bulletin of Zoology. 1-109.

- Scholtz, G. 2002. Phylogeny and evolution. In: Holdich, D. M. (ed.). Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science. Oxford. p. 30-52. ISBN: 063205431X.
- Scholtz, G., Braband, A., Tolley, L., Reimann, A., Mittmann, B., Lukhaup, C., Steuerwald, F., Vogt, G. 2003. Ecology: Parthenogenesis in an outsider crayfish. *Nature*. 421 (6925). 806-806.
- Schulz, H. K., Smietana, P., Schulz, R. 2002. Crayfish occurrence in relation to land-use properties: implementation of a geographic information system (GIS). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 367. 861-872.
- Schulz, H.K., Smietana, P., Maiwald, T., Oidtmann, B. Schulz, R. 2006a. Case studies on the co-occurrence of *Astacus astacus* (L.) and *Orconectes limosus* (Raf.): snapshots of a slow displacement. *Freshwater Crayfish*. 15. 212-219, 16. 223-233.
- Schulz, H. K., Śmietana, P., Schulz, R. 2006b. Estimating the human impact on populations of the endangered noble crayfish (*Astacus astacus* L.) in north-western Poland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 16 (3). 223-233.
- Skurdal, J., Taugbøl, T. 2002. *Astacus*. In: Holdich, D. M. (ed.). Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science. Oxford. p. 467-510. ISBN: 063205431X.
- Sládečková, A., Sládeček, V., Fremrová, L., Čermák, O. 1998. Jakost vod-Biologický rozbor-Stanovení saprobního indexu. Český normalizační institut. Praha. 174 s.
- Sonntag, M. M. 2006. Taxonomic standing of the three subspecies of *Pacifastacus leniusculus*, and their phylogeographic patterns in the Klamath Basin area. Department of Integrative Biology. 53-66.
- Souty-Grosset, C., Holdich, D. M., Noël, P. Y. 2006. Atlas of crayfish in Europe. Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris. p. 187. ISBN: 2856535798.
- Stejskal, J. 2008. Živočišné invaze. *Ekolist. Měsíčník o životním prostředí*. 8 (9). 3-19.
- Svärdson, G. 1995. The early history of signal crayfish introduction into Europe. *Freshwater Crayfish*. 8. 68-77.
- Svobodová, J., Douda, K., Vlach, P. 2009. Souvislost mezi výskytem raků a jakostí vody v České republice. *Bulletin VÚRH Vodňany*. 45 (2-3). 100-109.
- Svobodová, Z., Gelnarová, J., Justýn, J., Krupauer, V., Simanov, L., Valentová, V., Vykusová, B. W. 1987. Toxikologie vodních živočichů. Praha. SZN. 231 s.

- Svobodová, J., Štambergová, M., Vlach, P., Pícek, J., Douda, K., Beránková, M. 2008. Vliv jakosti vody na populace raků v České republice – porovnání s legislativou ČR. Vodní hospodářství. 12. 1-5.
- Svobodová, J., Vlach, P., Fischer, D. 2010. Legislativní ochrana raků v České republice a ostatních státech Evropy. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace. 52 (4). 1-5.
- Štambergová, M., Svobodová, J., Kozubíková, E. 2009. Raci v České republice. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. 255 s. ISBN: 9788087051788.
- Štěpán, V. J. 1932-33. Soudobý stav rakařství v Čechách. Československý rybář. 20.
- Taylor, C. A., Schuster, G. A. 2010. Monotypic no more, a description of a new crayfish of the genus *Barbicambarus* Hobbs, 1969 (Decapoda: Cambaridae) from the Tennessee River drainage using morphology and molecules. Proceedings of the Biological Society of Washington. 123 (4). 324-334.
- Taylor, C. A., Schuster, G. A., Cooper, J. E., DiStefano, R. J., Eversole, A. G., Hamr, P., Hobbs, H. H., Robison, H. W., Skelton, Ch. E., Thoma, R. F. 2007. A reassessment of the conservation status of crayfishes of the United States and Canada after 10+ years of increased awareness. Fisheries. 32 (8). 372-389.
- Unestam, T. 1965. Studies on the crayfish plague fungus *Aphanomyces astaci*: I. Some factors affecting growth in vitro. Physiologia Plantarum. 18. 483-505.
- Unestam, T. 1966. Studies on the Crayfish Plague Fungus *Aphanomyces astaci*. Physiologia Plantarum. 19 (4). 1110-1119.
- Unestam, T. 1969. Resistance to the crayfish plague in some American, Japanese and European crayfishes. Report of the Institute of Freshwater Research Drottningholm. 49. 202-209.
- Unestam, T. 1972. On the host range and origin of the crayfish plague fungus. Report of the Institute of Freshwater Research Drottningholm. 52. 192-198.
- Villanelli, F., Gherardi, F. 1998. Breeding in the crayfish, *Austropotamobius pallipes*: mating patterns, mate choice and intermale competition. Freshwater Biology. 40 (2). 305-315.
- Vogt, G. 2002. Functional anatomy. In: Holdich, D. M. (ed.). Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science. Oxford. p. 53-151. ISBN: 063205431X.

- Vogt, G. 2008. The marbled crayfish: a new model organism for research on development, epigenetics and evolutionary biology. *Journal of Zoology*. 276 (1). 1-13.
- Vogt, G., Tolley, L. 2004. Brood care in freshwater crayfish and relationship with the offspring's sensory deficiencies. *Journal of Morphology*. 262 (2). 566-582.
- Vrålstad, T., Knutsen, A. K., Tengs, T., Holst-Jensen, A. 2009. A quantitative TaqMan MGB real-time polymerase chain reaction based assay for detection of the causative agent of crayfish plague *Aphanomyces astaci*. *Veterinary Microbiology*. 137. 146–155.
- Wetzel, J. E. 2002. Form alternation of adult female crayfishes of the genus *Orconectes* (Decapoda: Cambaridae). *The American Midland Naturalist*. 147 (2). 326-337.
- Wetzel, J. E., Poly, W. J., Fetzner Jr, J. W. 2005. *Orconectes pardalotus*, a new species of crayfish (Decapoda: Cambaridae) from the lower Ohio River with notes on its life history. *Aqua, Journal of Ichthyology and Aquatic Biology*. 10 (2). 57-72.
- Westin, L., Gydemo, R. 1988. The locomotor-activity patterns of juvenile noble crayfish (*Astacus astacus*) and the effect of shelter availability. *Aquaculture*. 68. 361–367.
- Woodlock, B., Reynolds, J. D. 1988. Laboratory breeding studies of freshwater crayfish, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). *Freshwater Biology*. 19 (1). 71-78.
- Zehnder, H. 1934. Über die Embryonalentwicklung des Flusskrebsses. *Acta Zoologica*. 15 (2-3). 261-408.

Internetové zdroje

- Zerzáň, M. Ochrana vod před znečištěním a připravenost České republiky na vstup do Evropské unie [online]. 30. prosince 2000 [cit.2016-03-25]. Dostupné z <www.fi.muni.cz/~tomp/envi/eseje/zerzan/ENVI97.doc>.
- Just, T. (a). Technické úpravy vodních toků [online]. Regionální pracoviště střední Čechy. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. 28. března 2013 [cit.2016-03-28]. Dostupné z < <http://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/technicke-upravy-vodnich-toku/> >.
- Just, T. (b) Stav koryt vodních toků a samočištění vody [online]. Regionální pracoviště střední Čechy. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. 28. března 2013 [cit.2016-03-28].

Dostupné z <<http://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/stav-koryt-vodnich-toku-a-samocistení-vody/>>.

Volaufová, L. Kvalita povrchových vod v České republice a její vývoj [online]. 21. ledna 2009. 5. února 2014 [cit.2016-03-28]. Dostupné z <[http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/\\$pid/MZPMSFT33PSN/\\$FILE/vody.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/$pid/MZPMSFT33PSN/$FILE/vody.pdf)>.

Petrusková, T., Fischer, D., Štambergová, M., Eva, A. P. Praktická ochrana raků. [online]. Biolib. 2. listopadu 2007 [cit.2016-03-10]. Dostupné z <<http://www.biolib.cz/DOC/ochrana-raku.pdf>>.

Příroda a biologická rozmanitost. Invazivní nepůvodní druhy [online]. Europa. 16. května 2009 [cit.2017-3-12]. Dostupné z<http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/Invasive%20Alien%20Species/Invasive_Alien_CS.pdf>.

Pergl, J., Sádlo, J., Petrusek, A., Pyšek, P. Nepůvodní druhy živočichů a rostlin v ČR: návrh seznamů druhů vyžadujících zvláštní přístup (černý a šedý seznam) [online]. Oddělení ekologie invazí. Botanický ústav AV ČR. 5. února 2014. [cit. 2016-3-21]. Dostupné z <invaznidruhy.nature.cz/res/archive/151/019808.pdf?seek=1391611202>.

Seznam použitých legislativních předpisů

Česko. Zákon č. 114 ze dne 19. února 1992 o ochraně přírody a krajiny. In: Sbírka zákonů České republiky. 1992. částka 28. s. 666-692. Dostupné také z <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=2551>>.

Česko. Zákon č. 254 ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (tzv. akvatické zákon). In: Sbírka zákonů České republiky. 2001. částka 98. s. 5617-5667. Dostupné také z <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=3676>>.

Česko. Zákon č. 99 ze dne 10. února 2004 o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské stráží, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství). In: Sbírka zákonů České republiky. 2004. částka 32. s. 1506-1522. Dostupné také z <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4336>>.

Česko. Rada Evropské unie. Nařízení Rady (ES) č. 708 ze dne 11. června 2007 o používání cizích a místně se nevyskytujících druhů v akvakultuře. In: Úřední věstník Evropské unie. 2007.

L 168. s. 1-17. Dostupné také z <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1480505286010&uri=CELEX:32007R0708>>.

Česko. Evropský parlament, Rada Evropské unie. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1143/2014 ze dne 22. října 2014 o prevenci a regulaci zavlékání či vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů. In: Úřední věstník Evropské unie. 2014. L 317. s. 35-55. Dostupné také z <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32014R1143>>.

Česko: Prováděcí nařízení komise (EU) č. 2016/1141 ze dne 13. července 2016, kterým se přijímá seznam invazních druhů zájmu Unie v souladu s nařízením (EU) č. 1143/2014 Evropského parlamentu a Rady. Dostupné také z <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1468477158043&uri=CELEX:32016R1141>>.