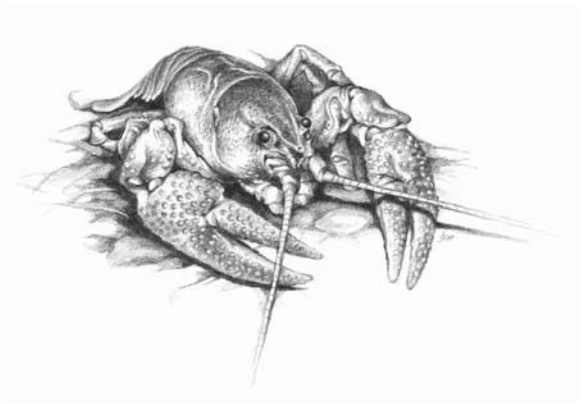
Monika Štambergová
Jitka Svobodová
Eva Kozubíková

RACI V ČESKÉ REPUBLICE



Praha 2009

Recenzent
RNDr. Pavel Vlach, Ph.D.

Raci v České republice

Monika Štambergová[1]
Jitka Svobodová[2]
Eva Kozubíková[3]

Agentura ochrany přírody a krajiny ČR
Nuselská 39
140 00 Praha 4 - Nusle

Praha 2009

[1]Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Nuselská 39, 140 00 Praha 4 - Nusle; e-mail: monika.stambergova@nature.cz

[2]Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6; e-mail: Jitka_Svobodova@vuv.cz

[3]Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra ekologie, Viničná 7, 128 44 Praha 2; e-mail: evikkk@post.cz

© Štambergová, M., Svobodová, J. & Kozubíková, E. (2009): Raci v České republice. - 1. vydání. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. - 255 s.
Grafická příprava © Olga Čermáková, Grafické a reklamní studio, Hradec Králové
Tisk © H.R.G. Litomyšl
Kresba na obálce © Šárka Teplá
Náklad 1 000 výtisků
ISBN 978-80-87051-78-8

Obsah

Poděkování 6

Předmluva 7

Summary 8

1. Úvod 9
2. Biologie raků 11
2.1. Vnější stavba račího těla 11
2.2. Rozmnožování a individuální vývoj 18
2.3. Potrava 21
2.4. Predátoři raků 22
3. Rozšíření, systematika a původ raků 23
3.1. Raci na Zemi 23
3.1.1. Rozšíření raků 23
3.1.2. Systematické zařazení sladkovodních raků 25
3.1.3. Původ raků 25
3.2. Raci v Evropě 30
3.2.1. Původní druhy v Evropě 30
3.2.2. Nepůvodní druhy v Evropě 31
3.3. Raci v České republice 37
3.3.1. Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) 44
3.3.2. Rak říční (*Astacus astacus*) 55
3.3.3. Rak bahenní (*Astacus leptodactylus*) 63
3.3.4. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) 71
3.3.5. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) 81
4. Nároky raků na kvalitu vody 93
4.1. Legislativa ES 93
4.1.1. Směrnice 2000/60/ES 93
4.2. Legislativa ČR 93
4.2.1. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) (č. 254/2001 Sb.), v platném znění 93
4.2.2. Nařízení vlády č. 71/2003 Sb. a č. 61/2003 Sb. 94
4.2.3. Norma ČSN 75 7221 96

4.3. Hodnocení jakosti vody 97
4.3.1. Výsledky hodnocení jakosti vody v ČR 97
4.4. Základní fyzikálně-chemické vlastnosti vody 104
5. Statut ochrany našich raků 119
5.1. Červené seznamy 119
5.2. Statut ochrany na mezinárodní úrovni 119
5.2.1. Mezinárodní úmluvy 119
5.2.2. Legislativa ES 120
5.3. Právní úprava v České republice. 122
5.3.1. Zákon o ochraně přírody a krajiny (č. 114/1992 Sb.), v platném znění 122
5.3.2. Zákon o rybářství (č. 99/2004 Sb.), v platném znění . . . 126
5.3.3. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) (č. 254/2001 Sb.), v platném znění 126
6. Ohrožení a ochrana populací raků a jejich biotopů 127
6.1. Konkurence ze strany nepůvodních druhů raků 128
6.2. Nemoci raků 131
6.2.1. Viry 131
6.2.2. Prvoci rodu *Psorospermium* 132
6.2.3. Porcelánová nemoc 133
6.2.4. Potočnice 133
6.2.5. Račí mor 136
6.3. Negativní zásahy člověka do biotopů raků 154
6.4. Chov a komerční využití raků, repatriace, záchranné transfery 161
7. Shrnutí 169
8. Kontaktní adresy 171
8.1. Státní organizace ochrany přírody 171
8.2. Státní podniky Povodí 174
8.3. Vybrané vysoké školy. 175
8.4. Seznam vybraných muzeí 175
8.5. Doporučené internetové odkazy 176
9. Literatura 177

Přílohy 196

Rejstřík latinských názvů rodů a druhů raků 255

Seznam boxů:

Box 1 Paleontologické nálezy z Čech 26
Box 2 Rozlišovací znaky našich původních a nepůvodních druhů raků 38
Box 3 Mapování výskytu raků organizované AOPK ČR 41
Box 4 Které parametry jakosti vody je vhodné sledovat na lokalitách s rakem říčním a rakem kamenáčem při pravidelném monitoringu? 102
Box 5 Monitoring raka kamenáče a raka říčního u nás 121
Box 6 Co dělat v případě zjištění úhynu raků? 142
Box 7 Prevence šíření račího moru lidskými aktivitami 145
Box 8 Tři příklady úhynů raků v souvislosti s račím morem v ČR 150

Seznam příloh:

Příloha 1 Určovací klíč našich raků 197
Příloha 2 Metodiky mapování výskytu raků (pro malé vodní toky, velké vodní toky, stojaté vody, malé vodní toky ověření) 199
Příloha 3 Formuláře pro zápis nálezových dat z mapování raků (pro malé vodní toky, velké toky, stojaté vody) 211
Příloha 4 Metodika monitoringu raka kamenáče včetně příloh (2006, upraveno) 217
Příloha 5 Metodika monitoringu raka říčního včetně příloh (2006, upraveno) 229
Příloha 6 Výzva - příklad informačního letáku pro veřejnost o opatřeních v případě úhynu raků 239
Příloha 7 Přehled lokalit blízkého výskytu původních evropských a nepůvodních severoamerických druhů raků v ČR 241
Příloha 8 Stanovení výše způsobené ekologické škody na příkladu zničení evropsky významné lokality raka kamenáče Trojhorský potok v Českém středohoří (vypracoval B. Franěk, upraveno) 247
Příloha 9 Zásady pro reintrodukce původních druhů raků a obnova jejich stanovišť (převzato z publikace Taugbøl & Peay (2004), upraveno) 251

Poděkování

Předkládaná publikace byla vytvořena za přispění mnoha lidí, kterým bychom na tomto místě rády poděkovaly. V první řadě děkujeme RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D. z Pedagogické fakulty Západočeské univerzity v Plzni za jeho cenné připomínky k textu knihy. Za spolupráci při vzniku publikace jsme velmi vděčné rovněž doc. RNDr. Zdeňku Ďurišovi, CSc. z Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity v Ostravě, Mgr. Janu Mourkovi a RNDr. Adamu Petruskovi, Ph.D. z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze, RNDr. Stanislavu Štambergovi, CSc. z Muzea východních Čech v Hradci Králové, Ing. Janu Šímovi z Ministerstva životního prostředí a Dr. Andrew R. Milnerovi z Britského muzea přírodních věd v Londýně.

Velmi si ceníme pomoci při revizi textu i vydatnou pomoc při terénním výzkumu a náš dík patří Ing. Martině Beránkové z Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka v Praze a Ing. Tomáši Machotkovi z Ústavu jaderného výzkumu v Řeži. Za poskytnutí fotografií srdečně děkujeme Dr. Catherine Souty-Grossetové z Univerzity v Poitiers, Dr. Leopoldu Fürederovi z Univerzity v Innsbrucku, Dr. Přemku Hamrovi z Upper Canada College v Torontu, Ing. Borku Fraňkovi ze Správy CHKO České středohoří, Mgr. Davidu Fischerovi z Hornického muzea v Příbrami, Mgr. Ivoně Horké, Mgr. Adéle Šídové a Bc. Lucii Žvakové. Šárce Teplé patří náš dík za nádherné kresby, Mgr. Zdeňku Kučerovi a Janu Vrbovi z AOPK ČR v Praze za zpracování map použitých v publikaci. Děkujeme rovněž Mgr. Janu Duškovi, Mgr. Pavlu Marhoulovi, Mgr. Pavlu Moravcovi a všem dalším interním současným i bývalým zaměstnancům AOPK ČR i externím pracovníkům, kteří se spolupodíleli na sběru dat, sledování a ochraně populací našich raků.

V neposlední řadě si velmi ceníme pečlivé práce a vstřícného přístupu Olgy Čermákové při úpravách fotografií a perokreseb a grafickém zpracování publikace.

Mapování výskytu raků koordinované AOPK ČR proběhlo v rámci projektu VaV/620/01/03 „Výzkum, ekologie a rozšíření, návrh managementu populací a záchranných programů zvláště chráněných druhů živočichů“ v rámci Programu výzkumu a vývoje MŽP. Analýza nálezových dat o distribuci raků a jakostních parametrů vody byla řešena za podpory výzkumného záměru MZP0002071101. Děkujeme státním podnikům Povodí Vltavy, Ohře, Moravy, Odry a Labe za poskytnutí dat o jakosti vody v tocích ČR. Výzkum onemocnění račího moru byl podpořen granty GAAV (č. IAA601870701), GAČR (č. 206/08/H049) a MŠMT (č. MSM0021620828).

Předmluva

Vážení čtenáři,

předkládáme Vám publikaci, jejímž hlavním cílem je přiblížit aktuální poznatky o racích v našich vodách. Publikace je zaměřena na jejich biologii, ekologii, známé rozšíření a možnosti jejich ochrany. Pozornost je věnována i přírodním a antropogenním faktorům ovlivňujícím račí populace. Vybrané kapitoly jsou věnovány i rakům v celoevropském a celosvětovém měřítku.

Uváděné informace jsou určeny nejen pro pracovníky státních organizací ochrany přírody (obecní, městské a krajské úřady, správy chráněných krajinných oblastí a národních parků, krajská střediska Agentury ochrany přírody a krajiny ČR (AOPK ČR), státní podniky Povodí, Českou inspekci životního prostředí), ale i pro nevládní organizace, vysoké školy s přírodovědným zaměřením či muzea. Rády bychom však oslovily i širokou veřejnost, která se může významně podílet na ochraně našich původních druhů raků. Základem jsou však nezbytné vstupní informace o životě těchto vodních bezobratlých živočichů, stejně jako je zásadní správná determinace druhů raků.

Návod, jakým způsobem by bylo možné stávající populace našich původních druhů raků podporovat na základě dosavadních znalostí, se pokusíme nastínit v následujících stránkách...

Autorky

Summary

This publication opens with general information on crayfish biology, external morphology, reproduction, development, food and predation. An overview is given of crayfish, both European and worldwide, their distribution, classification and origin. Species occurring in Europe are listed with comments on their known distribution. Special emphasis is given to recognition of introduced species where there is significant danger of their spreading throughout the freshwater systems of the Czech Republic.

The major chapters of this work are devoted to the five crayfish species (*Austropotamobius torrentium*, *Astacus astacus*, *Astacus leptodactylus*, *Pacifastacus leniusculus*, *Orconectes limosus*) living in the Czech Republic. Emphasis is placed on their precise identification, and the opening chapters are focused on overviews and comparative diagnoses of each species. The crayfish mapping project covering both flowing waters and standing waters which was coordinated by the Agency for Nature Conservation and Landscape Protection of the Czech Republic is discussed in detail. The results of this project are separated into sections on each species, together with a chapter on the water quality requirements of crayfish. The ecology and biology of the crayfish species known from the Czech Republic is treated along with their global distribution. One chapter is focused on legal protection issues, based on a survey of red lists, international conventions and laws dealing with our crayfish species. The final section describes current threats to crayfish and their habitats and outlines the possibilities for their protection.

1. Úvod

V minulých dobách byli raci hojně rozšířeni v potocích, řekách i jezerech střední Evropy a představovali zdroj obživy pro bohaté i chudé vrstvy obyvatel (Spitzy 1973). Za císaře Maxmiliána I. i dříve byla stanovena pravidla pro odchyt raků podle jejich velikosti (nikoli pohlaví), přičemž minimální povolená velikost byla vypálena na vesla rybářských lodí (Spitzy 1973).

Zásoby raků ve vodách se zdály nevyčerpatelné až do poloviny 19. století, kdy s rostoucím průmyslem a tím se zvyšujícím se množstvím odpadů vypouštěných do vod došlo k oslabení populací raků (Spitzy 1973). Následovala pohroma v podobě zavlečeného račího moru koncem 19. století,

Chytání raků v minulosti Zdroj: Mayr Michael: Kniha o rybářství z doby císaře Maxmiliána I., s osmi barevnými simultánními reprodukcemi obrazu, vyrobeno litografickým ústavem K. Redlich, Innsbruck 1901 (přejato ze Souty-Grosset et al. 2006).

který vyhubil většinu populací raka říčního (*Astacus astacus*). Následně byly prováděny pokusy o introdukci raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) jako náhradu za vyhynulé raky říční, nicméně s neúspěšným výsledkem, neboť i tento původní evropský druh je citlivý k račímu moru. Proto byly v Evropě pro introdukce zvoleny severoamerické druhy rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) a později rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) (Spitzy 1973), které byly k račímu moru odolnější. O nebezpečí, že jsou přenašeči smrtelného onemocnění, se v té době mnoho nevědělo a pokud ano, tak to při introdukcích nebylo bráno v potaz.

Situaci u nás na začátku 30. let 20. století popisuje Štěpán (1932, 1933, 1934) ve svých příspěvcích k soudobému stavu rakařství v Čechách, kde se můžeme dočíst o zákonech a nařízeních, které se týkaly odchytu a ochrany raků. Odchyt byl povolen pouze s rybářským lístkem, byl zakázán v období od 1. listopadu do 30. dubna pro račí samce a od 1. listopadu do 30. června pro račí samice. Lov a prodej račích samic s vajíčky byl zakázán po celý rok. Nařízení se vztahovalo na všechny tři druhy původních evropských raků u nás, tj. raka říčního (*Astacus astacus*), raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) i raka bahenního (*Astacus leptodactylus*). Rovněž platil všeobecný zákaz odchytu raků říčních dosahujících méně než 12 cm délky. Autor kromě zmíněného předkládá i několik receptů z račí kuchyně.

Současný stav populací raků žijících u nás ve volné přírodě se však v porovnání s minulostí značně liší. Tři zástupci původních evropských druhů jsou u nás ohrožení a zákonem chránění. Oproti nim se dva severoameričtí raci šíří. Mohou působit jako přenašeči nemocí letálních pro původní druhy a mohou je také vytlačovat přímou konkurencí. V souvislosti s úbytkem vhodných biotopů původních raků, ohrožením ze strany nepůvodních druhů a nevhodnými zásahy člověka se zvýšil zájem o studium ekologie a ochranu těchto velkých vodních korýšů.

Základními předpoklady pro úspěšnou ochranu našich původních druhů raků jsou, kromě schopnosti jednotlivé druhy od sebe bezpečně rozpoznat, rovněž znalosti o jejich současném výskytu. Za jeden z velmi důležitých úkolů považujeme sledování šíření a vlivu přenašečů račího moru a zmapování ohnisek nákazy či rizikových oblastí, ve kterých hrozí propuknutí onemocnění. K tomu přistupuje i studium ekologie původních druhů raků a zajištění péče o co možná nejlepší kvalitu jejich životního prostředí. Raky lze považovat za tzv. deštníkové druhy (angl. umbrella species), neboť jejich ochranou je zajištěna i ochrana celé řady druhů sdílejících s raky stejný biotop. Pevně věříme, že tato publikace nastíní cesty, jakými je možné se v ochraně naší původní račí fauny ubírat.

2. Biologie raků

Raci jsou zástupci korýšů (Crustacea), primárně vodních členovců, kteří mají měkké části těla kryté pevným krunýřem. Ten je vylučován pokožkou a slouží k ochraně a jako opora pro úpon svalů. Představuje tak vnější kostru korýšů. Vědecké jméno Crustacea je odvozeno z latinského *crusta* - kůra, skořápka, schránka. Pevná chitinová kutikula na povrchu račího těla, prostoupená uhličitanem a fosforečnanem vápenatým, je v určitých časových intervalech svlékána (ekdyse). Celý proces je řízen hormonálně a dochází při něm k tvorbě kutikuly nové, zatímco stará kutikula praská a rak z ní postupně vylézá. Nová kutikula zůstává nějaký čas měkká, v tomto období jedinec roste a je zároveň velmi zranitelný. Postupně je za účasti tzv. rakůvek neboli gastrolitů (vápenné čočkovité útvary na stěnách žaludku raků) krunýř opět inkrustován.

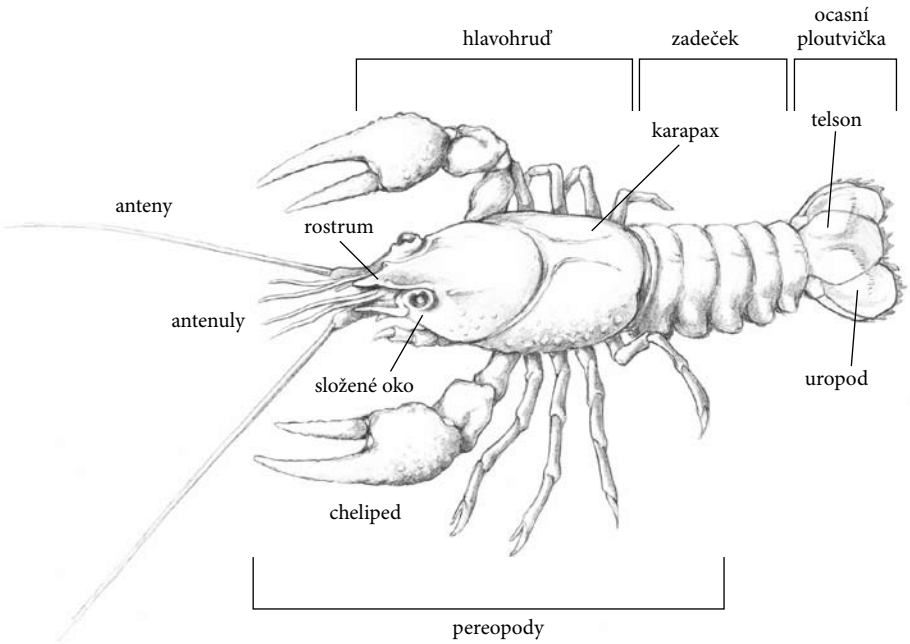
Raci mají vysokou schopnost regenerace, tj. schopnost dorůstání ztracených končetin. Ztracená část bývá nahrazena a postupně se zvětšuje při každém dalším svlékání, nicméně většinou již nedosáhne původní velikosti (Obr. 1).

2.1. Vnější stavba račího těla

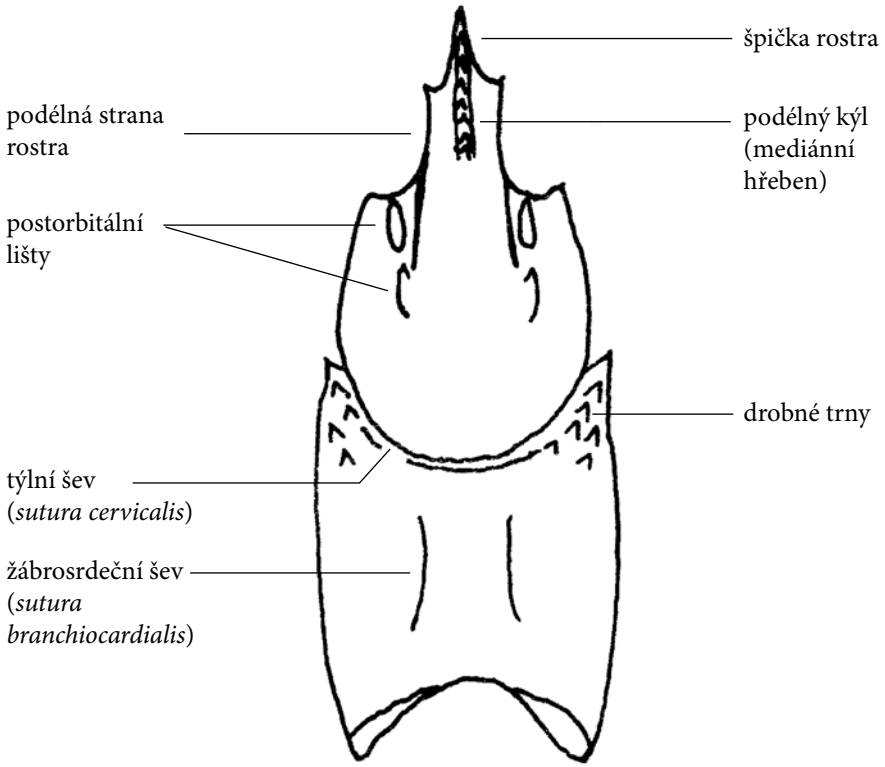
Tělo raka (Obr. 2) se skládá ze dvou částí a to **hlavohrudi** (*cephalothorax*) a **zadečku** (*abdomen*, *pleon*). Svrchní stranu hlavohrudi kryje tvrdý **hlavohrudní štít** (*carapax*), který dopředu vybíhá ve špičatý výběžek zvaný **rostrum**. Jeho tvar či přítomnost výrůstků na něm jsou druhově specifické. Po stranách jsou nápadné složené oči na stopkách. Za očima se nachází jeden nebo dva páry **postorbitálních lišt** (Obr. 3, 4). Na povrchu štítu (především po stranách) se u některých druhů nacházejí **drobné trny a hrbolky**, u jiných je téměř hladký. Na hranici mezi hlavou a hrudí prochází hlavohrudním štítem rýha *sutura cervicalis*, tzv. **týlní šev**, prohnutý kaudálním směrem (tj. směrem dozadu). Za ním kaudálně probíhají dvě podélné rýhy *suturae branchiocardiales*, tzv. **žábrosrdeční švy**, které vymezují část štítu přirostlou k tělu. Po stranách těla je hlavohrudní štít volný tak, že pod ním vzniká prostor pro žábry. Těmi raci přijímají kyslík rozpuštěný ve vodě. Boční stěny karapaxu se nazývají branchiostegity. **Zadeček** raka je tvořen sedmi pohyblivě spojenými články. Jeho svrchní strana je kryta tvrdými štítky, spodní strana je z větší části měkká. Jeho poslední článek se nazývá **telson**.

Obr. 1. Rak říční (*Astacus astacus*), potok Zátoky, 14. 8. 2009. Pravé regenerující klepeto jedince dosahuje nápadně menšího vzrůstu. A, pohled z boku. B, pohled zepředu. Foto M. Štambergová.

Na každém tělesném článku vyrůstá pár končetin, pouze na prvním je zastupují složené oči a na posledním článku (telsonu) končetiny chybí. Hlavová část hlavohrudi nese (zepředu dozadu): krátká **tykadla 1. páru** (antenuly), dlouhá **tykadla 2. páru** (anteny), **kusadla** (mandibuly) a **dva páry čelistí** (maxily). Hrudní část nese osm párů přívěsků, z nichž prvé tři páry krátkých **příústních nožek** (maxilopody) usnadňují manipulaci s potravou, a následuje pět párů končetin, zvaných **pereopody**. Podle těchto nápadně vyvinutých končetin dostal řád název desetinožci (Decapoda). První pár je u raků zakončen mohutnými klepety, další čtyři páry fungují jako kráčivé končetiny - 2. a 3. pár nese jen drobná klepítka, zatímco 4. a 5. pár je zakončen drápkem.

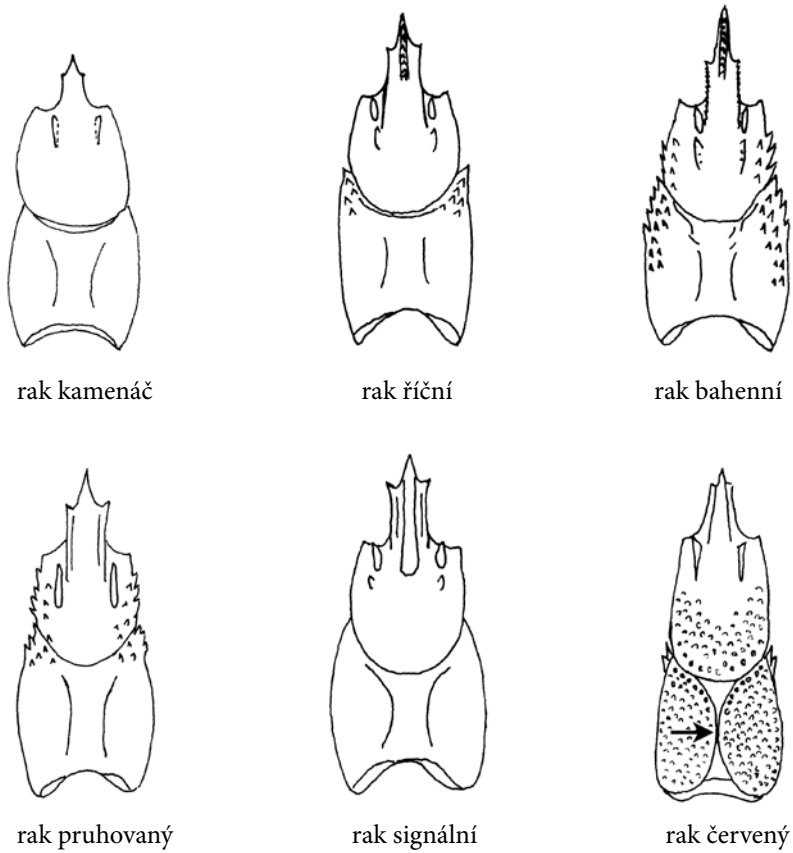


Obr. 2. Vnější morfologie raka. Kreslila Š. Teplá.



Obr. 3. Schéma hlavohrudního krunýře raka s vysvětlením určovacích znaků. Trny na povrchu krunýře a podélný kýl na rostru jsou vyvinuty pouze u některých druhů. Podle Pöckla et al. (bez vročení) upravil J. Mourek.

Zadečkové články nesou naspodu po jednom páru drobných dvouvětevných nožek zvaných **pleopody**. U samců je první a druhý pár (gonopody) zesílený a přizpůsobený ke kopulaci, u samic je první pár zakrnělý. Nožky předposledního, tj. 6. zadečkového článku - tzv. **uropody** - jsou ploché, lupínkovité. Poslední článek (**telson**) má tvar plochého lupínku bez končetin a nachází se na něm řitní otvor. Společně s uropody tvoří vějířovitou ocasní ploutvičku, která napomáhá rakům plavat vzad při rychlé únikové reakci.



Obr. 4. Hlavohrudní krunýře raků - s výjimkou raka červeného žijí všechny uvedené druhy ve volné přírodě ČR. Rak červený má na rozdíl od ostatních druhů sblížené žábrosrdeční švy (šipka). Podle Pöckla et al. (bez vročení) upravil J. Mourek.

Podrobnější informace o vnější i vnitřní stavbě těla raků lze nalézt např. v obsáhlé publikaci *Biology of Freshwater Crayfish* (Holdich 2002a).

Pohlavní dimorfismus

Raci jsou odděleného pohlaví a k rozmnožení potřebují samice i samce. Výjimku představuje druh u nás šířený zejména mezi akvaristy, rak mramorovaný (*Procambarus* sp.) neboli Marmorkrebs, který se rozmnožuje partenogeneticky (bez přítomnosti samců) (Obr. 17).

U dospělých jedinců lze rozpoznat pohlaví částečně podle toho, že samci bývají obvykle mohutnější než samice a mívají širší a delší klepeta, zatímco samice mají klepeta užší a drobnější (Obr. 8). První dva páry zadečkových nožek samců u čeledi Astacidae a Cambaridae jsou přeměněny v trubicovité kopulační nožky (Obr. 5), u samic je pleopod 1. páru zakrnělý. Zadeček samců je poměrně úzký (Obr. 7), zatímco u samic jsou zadečkové články rozšířeny kvůli ochraně vajíček, která nosí a ukrývají naspodu zadečku. Pohlavní vývody samic leží na bazálním článku nohou 6. hrudního článku (3. pár pereopodů, Obr. 6), u samců na bazálním článku nohou 8. hrudního článku (poslední pár pereopodů, Obr. 5).

Obr. 5. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus*), potok Bobrava, 10. 7. 2009. Spodní strana těla samce. První dva páry pleopodů přeměněné v kopulační nožky. Pohlavní vývody ústí na 8. hrudním článku (šipky). Foto M. Štambergová.

Obr. 6. Rak říční (*Astacus astacus*), Lyžbický potok, 13. 9. 2006. Spodní strana těla samice. Pohlavní vývody ústí na 6. hrudním článku (šipky). Foto M. Štambergová.

Obr. 7. Samec raka bahenního (*Astacus leptodactylus*), Kozárovický lom u Zalužan, 18. 7. 2006. Nápadná jsou mohutná klepeta a úzký zadeček. Foto M. Štambergová.

Obr. 8. Samice raka bahenního (*Astacus leptodactylus*), Kozárovický lom u Zalužan, 18. 7. 2006. Klepeta jsou drobnější v porovnání se samci a zadeček je širší. Foto M. Štambergová.

2.2. Rozmnožování a individuální vývoj

K páření našich původních druhů raků dochází v podzimních měsících a začátek období rozmnožování je ovlivněn teplotou vody (Krupauer 1982, Ďuriš & Horká 2005). Při kopulaci samec přetáčí samici na záda a přidržuje si ji klepety. Oba jedinci jsou tak k sobě natočeni břišní stranou těla. Samec následně ukládá spermatofory (spermatický vak) do hrudní oblasti samice (sternum), kde zůstávají až do doby kladení vajíček. Kladení nastává po několika hodinách od páření (Holdich & Reeve 1988). Autoři popisují průběh následné fáze, při které je zadeček samice ohnutý pod hlavohrudí tak, že vytváří komoru. Stěna spermatického vaku je chemicky rozpuštěna sekretem vylučovaným cementovými neboli bílkovinnými žlázami. Tyto krémově zbarvené žlázy jsou znatelné na břišní straně samice, když uzrávají v době rozmnožování (Obr. 9).

Obr. 9. Samice raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*), Zákolanský potok, 2. 9. 2009. Bílkovinné žlázy patrné na spodní straně zadečku.
A, celý jedinec v pohledu ventrálním.
B, detail zadečku.
Foto M. Štambergová.

A

B

Poté, co je komora naplněna sekretem, obrací se samička na záda a vytlačuje vajíčka z pohlavních otvorů na bázi 3. páru pereopodů. Nakladená vajíčka (Obr. 10) se mísí s průsvitným slizovitým sekretem a dochází tak k oplození nepohyblivými spermiemi. Hmota postupně ztuhne a vajíčka spojená vlákny jsou pevně připojena k zadečkovým nožkám samice, která je i v průběhu inkubační doby často urovnává (Holdich & Reeve 1988) a zajišťuje jim pohybem nožek dostatek kyslíku. Délka vývoje vajíček se u jednotlivých druhů liší a je silně ovlivněna teplotou vody (Štěpán 1932, Krupauer 1982, Policar et al. 2004). V případě evropských druhů raků nosí samička oplozená vajíčka na spodní straně zadečku až do jara následujícího roku (naopak severoamerický rak pruhovaný klade vajíčka až na jaře) a teprve od konce dubna až do července nastává líhnutí malých ráčků. Vývoj u raků je přímý, bez larválního stadia. Termín líhnutí je nejvíce závislý na průběhu teploty vody při inkubaci vajíček

Obr. 10. Samice raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*), Úpořský potok, 2. 10. 2004. Oplozená vajíčka samice opatruje až do jara příštího roku. Foto M. Štambergová.

(Policar et al. 2009). Obal vajíček praskne a i po vylíhnutí ráčat zůstává připojen stopkou na pleopodách samice až do jejího dalšího svlékání (Holdich & Reeve 1988). První vývojové stadium se vyznačuje tím, že je nepohyblivé, vyživované ze žloutkového váčku, nemá ještě vyvinuty uropody a široký telson je bez štětin (Holdich & Reeve 1988, Reynolds 2002). Malí ráčci zprvu zůstávají přichyceni na vláknech k nožkám samice, postupně se po několika svlékáních osamostatňují.

2.3. Potrava

Raci nejsou potravně specializovaní a živí se rozmanitou stravou rostlinného i živočišného původu. Mohou být herbivorní, predátoři či detritovoři a výběr potravy závisí na věku, ročním období a fyziologickém stavu (Goddard 1988). Vodní vegetace a listový opad stromů může představovat hlavní součást přirozené potravy dospělých raků (Goddard 1988). Výzkum autorů Renze & Breithaupta (2000) poukazuje na to, že rostlinná strava u raka kamenáče převládá hlavně v jarních měsících, při teplotě vody okolo 7 °C. Naopak rozbor žaludku raků v letním období, při teplotě nad 14 °C, obsahuje více živočišné potravy. Autoři to vysvětlují tím, že si raci po zimě doplňují z rostlinné stravy nedostatek některých živin a minerálů. Na konci léta se objevuje v žaludku raků kamenáčů i opadané listí. Stejně tak žaludek raka signálního obsahoval až 68 % listí. Štěpán (1932) zmiňuje z rostlinné potravy raků např. vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*), růžkatec (*Ceratophyllum* sp.), parožnatky (*Chara* sp.), výhony různých druhů rdestů (*Potamogeton* spp.) a orobince (*Typha* sp.), oddénky stulíku (*Nuphar* sp.), ale i mechy a řasy.

Kromě rostlinné potravy se raci mohou živit rovněž stravou živočišného původu, mezi kterou patří např. měkkýši, vodní larvy hmyzu, žížaly, drobní korýši, pulci obojživelníků či ryby (Štěpán 1932, Goddard 1988, Souty-Grosset et al. 2006). Velké množství studií zároveň potvrdilo, že živočišnou stravu preferují juvenilní jedinci, kteří se živí převážně vodními bezobratlými. Naopak dospělí raci využívají jako potravu zejména vegetaci a detrit, rozkládající se kousky organického materiálu s mikroorganismy (Goddard 1988). Autor rovněž zmiňuje možnost filtrace řas a částeček detritu z vody. Tento způsob přijímání potravy lze považovat za bezpečnou volbu v období mezi svlékáním krunýře a zpevněním nové kutikuly, kdy jsou raci v důsledku své bezbrannosti vystaveni velkému ohrožení ze strany predátorů (či ostatních raků) a neopouští proto úkryt, aby hledali potravu (Budd et al. 1978, 1979).

2.4. Predátoři raků

Mezi predátory raků patří řada vodních i terestrických živočichů. Nejvíce jsou jimi ohrožována juvenilní stadia a raci v období po svlékání, kdy ještě nemají dostatečně zpevněný krunýř. Z bezobratlých živočichů, pomineme-li kanibalismus mezi raky samotnými, lze jmenovat jako predátory juvenilních ráčků např. larvy vážek, larvy šídel r. *Aeshna*, vodní ploštice a larvy vodních brouků (Hogger 1988, Nyström 2002). Obdobně se mohou juvenilními raky živit i invazní blešivci *Dikerogammarus villosus* (Buřič et al. *in press*).

Raci rovněž slouží jako zdroj potravy mnoha obratlovcům, a to zejména rybám, ptákům a savcům. Hogger (1988) přináší přehled predátorů evropských druhů raků, mezi rybami uvádí druhy pstruh obecný (*Salmo trutta*), pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), siven americký (*Salvelinus fontinalis*), úhoř říční (*Anguilla anguilla*), okoun říční (*Perca fluviatilis*), mník jednovousý (*Lota lota*), štika obecná (*Esox lucius*), parma obecná (*Barbus barbus*), sumec velký (*Silurus glanis*), lín obecný (*Tinca tinca*), vranka obecná (*Cottus gobio*), jelec tloušť (*Leuciscus cephalus*) a kapr obecný (*Cyprinus carpio*).

Z ptáků raky konzumují zejména druhy vyskytující se poblíž vod, např. volavka popelavá (*Ardea cinerea*), čápi (*Ciconia* spp.) nebo ledňáček říční (*Alcedo atthis*). Predátory raků však mohou být i např. vrána obecná (*Corvus corone*) či puštík obecný (*Strix aluco*) (Hogger 1988). Štěpán (1933) uvádí predaci racky, zejména malých raků při vypouštění rybníků před výlovem. Hlavními savčími predátory raků v Evropě jsou norek americký (*Mustela vison*) a vydra říční (*Lutra lutra*) (Hogger 1988). Kromě nich autor uvádí např. i lišku obecnou (*Vulpes vulpes*), potkana (*Rattus norvegicus*), hryzce vodního (*Arvicola terrestris*), mývala severního (*Procyon lotor*) a ondatru pižmovou (*Ondatra zibethicus*).

3. Rozšíření, systematika a původ raků

3.1. Raci na Zemi

3.1.1. Rozšíření raků

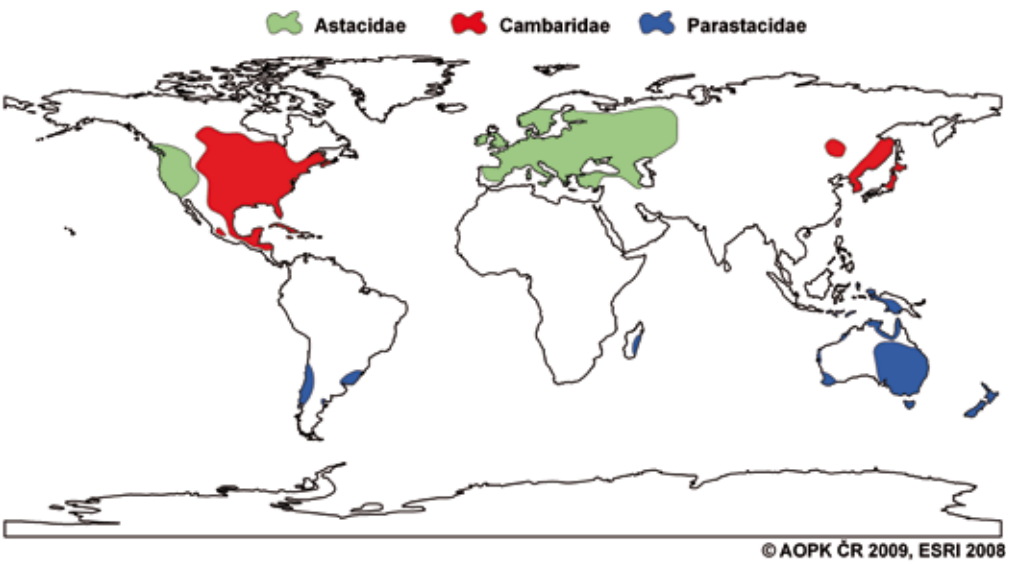
Raci představují největší zástupce bezobratlých živočichů, kteří žijí ve sladkých vodách. Hrají velmi důležitou roli ve vodních ekosystémech a jsou velice populárními živočichy. Osídlují nejrůznější typy biotopů. Můžeme je nalézt ve vodotečích, od drobných potůčků po velké řeky i ve stojatých vodách, rybnících, jezerech, bažinách, tůních, dočasných nádržích a v ústích řek (Holdich 2002a). Největší žijící rak *Astacopsis gouldi* (Obr. 11) je znám ze severní Tasmánie a je současně největším sladkovodním bezobratlým živočichem na světě. Dosahuje délky i více než 50 cm a váhy přes 6 kg (Hamr 1990, Jones & Morgan 2002). V Austrálii (JV Queensland) se vyskytuje zároveň i nejmenší sladkovodní rak na světě *Tenuibranchiurus glypticus* (Jones & Morgan 2002) s délkou těla necelé 3 cm, který je řazen spolu s *Astacopsis gouldii* do stejné čeledi Parastacidae.

Obr. 11. A, Přemek Hamr v Tasmánii (1985) se samcem *Astacopsis gouldi* vážícím 2 kg. Foto P. Hamr. B, Přemek Hamr v Tasmánii (2006) se samicí *Astacopsis gouldi* vážící asi 3 kg s vajíčky. Foto T. Walsh.

V současné době je známo více než 640 popsaných druhů sladkovodních raků (Crandall & Buhay 2008). Přirozeně se vyskytují na území všech kontinentů kromě Afriky (přitom však jeden endemický rod raků žije na Madagaskaru) a Antarktidy, zcela ale chybí i v převážné části Asie a Jižní Ameriky. V posledních letech byli však raci introdukováni mimo jiné i na území kontinentální Afriky (Holdich 2002a, b), asijské části Ruska, Číny a Ekvádoru. Největší druhové spektrum raků je známo v Severní Americe a Austrálii. Počet původních druhů zastoupených v Evropě sice není jednoznačně stanoven kvůli nejasnému postavení několika poddruhů, je však velmi nízký (5 - 6 druhů) (Souty-Grosset et al. 2006).

Skupina raků (Astacidea) je taxonomicky členěna na dvě nadčeledi: Astacoidea a Parastacoidea. Nadčeleď Astacoidea je vázaná svým přirozeným výskytem na oblast severní polokoule a zahrnuje dvě čeledi Astacidae a Cambaridae. Nadčeleď Parastacoidea je zastoupena jedinou čeledí Parastacidae a je rozšířena pouze na jižní polokouli (Martin & Davis 2001).

Zástupce čeledi Astacidae najdeme, mimo místa novodobých introdukcí, v Evropě, části západní Asie a západní oblasti Severní Ameriky (Obr. 12, Cran-



Obr. 12. Rozšíření tří čeledí raků. Podle Hobbse (1988) upravil J. Vrba.

dall & Buhay 2008). Druhově nejbohatší čeleď Cambaridae, zahrnující více než 420 popsaných druhů (Crandall & Buhay 2008), je rozšířena v Severní Americe, severně zasahuje až po jižní Kanadu a na jih pokračuje po Mexiko a Kubu. Zahrnuje rovněž podčeleď Cambaroidinae obývající několik izolovaných enkláv ve východní Asii (Ďuriš & Butovskij 1990, Souty-Grosset et al. 2006).

Třetí čeleď Parastacidae se 170 popsanými druhy v 15 recentních rodech (Sinclair et al. 2004) je z převážné části vázána na Austrálii a ostrovy Tasmánie, Nový Zéland a Papua-Nová Guinea. Tři endemické rody s 12 druhy jsou rovněž zastoupeny v Jižní Americe a jeden endemický rod s 9 druhy na Madagaskaru (Sinclair et al. 2004, Crandall & Buhay 2008).

3.1.2. Systematické zařazení sladkovodních raků

Systematické zařazení současných sladkovodních raků (upraveno podle Martina & Davise 2001):

podkmen: Crustacea Brünnich, 1772 - korýši
třída: Malacostraca Latreille, 1802 - rakovci
podtřída: Eumalacostraca Grobben, 1892
nadřád: Eucarida Calman, 1904 - velkokrunýřovci
řád: Decapoda Latreille, 1802 - desetinožci
podřád: Pleocyemata Burkenroad, 1963
infrařád: Astacidea Latreille, 1802 - raci
nadčeleď: Astacoidea Latreille, 1802
čeleď: Astacidae Latreille, 1802 - rakovití
čeleď: Cambaridae Hobbs, 1942
nadčeleď: Parastacoidea Huxley, 1879
čeleď: Parastacidae Huxley, 1879

3.1.3. Původ raků

Raci představují evolučně velmi starou skupinu organismů. Otázkou, zda současní sladkovodní raci pocházejí z jediného společného předka, se vědci zabývají již více než století (Scholtz 2002). V současné době názor na monofyletický původ raků jasně převažuje a vychází ze studia embryonálních znaků (Scholtz 2002) i molekulárních analýz (Crandall et al. 2000, Braband et al. 2006, Crandall & Buhay 2008, Breinholt et al. 2009).

Jak uvádí Starobogatov (1995), na základě studia evoluce raků a jejich rozšíření lze usuzovat na společného předka čeledí Astacidae a Cambaridae ze severní polokoule a Parastacidae z jižní polokoule. Jedná se o mořskou račí

čeleď Protastacidae, jejíž zástupci obývali počátkem druhohor vody praoceánu Tethys (Ďuriš 2000). Scholtz (2002) na základě fosilních záznamů potvrzuje, že nejstarší známý předek současných raků žil již ve sladkých vodách ještě před rozpadem superkontinentu Pangey, tj. v triasu před 245 - 200 mil. lety, a invaze do sladkých vod nastala tedy pouze jednou. S rozpadem Pangey během jury a křídy (200 - 140 mil. let) na severní kontinent Laurasii a jižní Gondwanu se začaly vyvíjet dva taxony sladkovodních raků: Astacoidea v Laurasii a Parastacoidea v jižní Gondwaně (Scholtz 2002).

Recentní zeměpisné rozšíření čeledi Astacidae (západní Palearkt a západ Severní Ameriky) a Cambaridae (východní Asie a východní Severní Amerika), dlouhodobě považované za záhadné (Hobbs 1988, Ďuriš 2000), ukazuje Obr. 12. Z výsledků novodobých analýz molekulární taxonomie vyplývá, že obě čeledi jsou si blízce příbuzné. Východoasijský endemický rod *Cambaroides*, systematiky řazený do čeledi jinak amerických Cambaridae, je bazální pro obě skupiny (Braband et al. 2006) a zřejmě se odštěpil od společného kmene ještě před rozdělením obou aktuálně uznávaných čeledí raků severní polokoule. Pozice rodu *Pacifastacus*, který na Obr. 12 zaujímá západ Severní Ameriky a byl dlouhodobě považován za zeměpisně nanejvýš kuriózní odnož čeledi Astacidae, je v současné době stále spíše nejasná. Lze tak usuzovat z publikovaných genetických analýz (např.: Braband et al. 2006, Crandall & Buhay 2008, Breinholt et al. 2009). Vzhledem k nejednotnosti dostupných informací o zařazení druhu *Pacifastacus leniusculus* do příslušné čeledi se v publikaci přikláníme k jeho řazení do Astacidae.

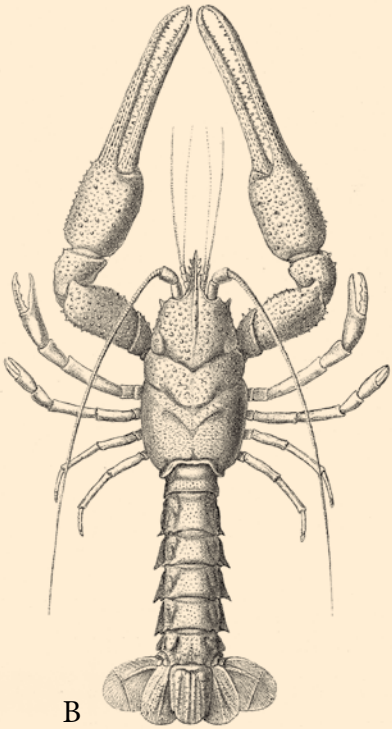
Box 1
Paleontologické nálezy z Čech

Vznik desetinohých korýšů můžeme klást pravděpodobně do mladšího paleozoika (mladší prvohory). Paleontologické doklady však z tohoto období chybějí. Prvé nálezy jsou známé až z triasu, popřípadě permotriasu a Decapoda jsou již v těchto sedimentech zastoupena hlavními skupinami, které jsou již uvnitř diferencované. Lze se tedy domnívat, že k základní diferenciaci došlo již v karbonu nebo permu. První primitivní formy měly dobře vyvinutý zadeček (natantní způsob života - plavání v moři). Adaptivní radiací od těchto tvarů, spojenou s pronikáním do nových prostředí, se odštěpily různé vývojové

větve. V důsledku přechodu k reptantnímu způsobu života (lezení) došlo v některých větvích k postupné redukci zadečku (Houša 1966).

Paleontologické nálezy raků (Astacidea) z našeho území nejsou známé. Můžeme se však setkat s celou řadou zástupců jiných skupin desetinohých korýšů. Na území Českého masívu lze vystopovat ve fosilním záznamu asi třicet druhů skupiny Decapoda, a to zejména v mořských druhohorních usazeninách a ve sladkovodních třetihorních sedimentech.

V křídových mořských sedimentech byla nalezena řada druhů popsaných Antonínem Fričem (Fritsch & Kafka 1887), z nichž ke světově rozšířeným patří *Enoploclytia leachi* (Mantell, 1822) vyznačující se velkým, podélně protaženým krunýřem napříč rozděleným třemi výraznými rýhami, dlouhým, po stranách ozubeným rostrem a dlouhými štíhlými klepety (Obr. 13).



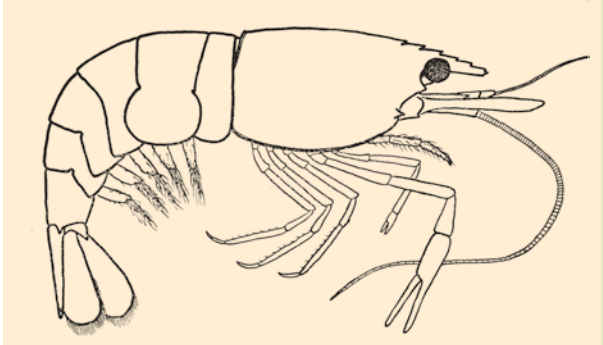
Obr. 13. *Enoploclytia leachi* (Mantell, 1822). A, celý jedinec dosahující délky 18 cm pochází z mořských usazenin svrchní křídy z České Třebové. Foto S. Štamberg. B, rekonstrukce podle Fritsche (1887).

Obr. 14. *Protocallianassa antiqua* (Roemer, 1841). Klepeta pocházející od jednoho kusu, na kterých je zřetelně patrná heterochelie (klepeta nestejně veliká). Mořské usazeniny svrchní křídy z Benátek u Litomyšle. Zvětšeno 3,5x. Foto S. Štamberg.

Zajímavý je rovněž druh *Protocallianassa antiqua* (Roemer, 1841), jehož krátká silná a výrazně nestejně velká klepeta jsou místy velice hojná v usazeninách svrchní křídy (Obr. 14, 15). Zbývající část těla se nalézá velice vzácně, protože karapax byl pouze slabě zpevněný uhličitanem vápenatým. Tento druh žil pravděpodobně stejným způsobem jako rod *Callianassa* Leach, 1814, který obývá přílivovou zónu dnešních teplých moří.

Z třetihorních sladkovodních usazenin (oligocén - miocén) severních Čech jsou známé pouze dva druhy drobných korýšů *Micropsalis papyracea* Meyer, 1859 a *Bechleja inopinata* Houša, 1957 dosahující délky 5 až 6 cm, s klepety vyvinutými pouze na prvních dvou párech pereopodů (Obr. 16) (Houša 1966).

Obr. 15. *Protocallianassa antiqua* (Roemer, 1841). Izolované klepeto z mořských usazenin svrchní křídy z České Třebové. Zvětšeno 3x. Foto S. Štamberg.



Obr. 16. *Bechleja inopinata* Houša, 1957. A, sladkovodní korýš z oligomiocénu z Bechlejovic u Děčína. Zvětšeno 2x. Foto S. Štamberg. B, rekonstrukce podle Houši (1957).

A

B

3.2. Raci v Evropě

3.2.1. Původní druhy v Evropě

Atlas evropských raků (Souty-Grosset et al. 2006) uvádí výskyt **5 původních druhů raků** (Tab. 1) ve 2 rodech a v jediné čeledi Astacidae, včetně dvou druhových komplexů, u kterých stále není vyřešena otázka, zda se jedná o jeden nebo více druhů (poddruhů), a je objektem dalších výzkumů.

Tab. 1. Původní evropské druhy raků

Latinský název	Český název	Anglický název
Astacidae		
Astacus astacus (Linnaeus, 1758)	rak říční	Noble Crayfish
Astacus leptodactylus Eschscholtz, 1823 druhový komplex	rak bahenní	Narrow-clawed Crayfish
Astacus pachypus Rathke, 1837		Thick-clawed Crayfish
Austropotamobius pallipes (Lereboullet, 1858) druhový komplex	rak bělonohý	White-clawed Crayfish
Austropotamobius torrentium (Schrank, 1803)	rak kamenáč	Stone Crayfish

Bližší informace o druzích vyskytujících se ve volné přírodě u nás jsou obsaženy v kapitole 3.3., na tomto místě jsou uvedeny poznámky k rozšíření ostatních evropských druhů:

Astacus pachypus

Druh je původní ve dvou evropských státech - Rusku a Ukrajině. Zároveň byl potvrzen z oblasti Kaspického moře, ve státech Ázerbájdžán, Kazachstán, a Turkmenistán, nicméně jeho populace jsou silně ovlivněny znečištěním vod, především v souvislosti s těžbou ropy (Souty-Grosset et al. 2006).

***Austropotamobius pallipes* - rak bělonohý**

Druh se vyskytuje v oblasti jižní Evropy ve Španělsku, Francii a Itálii, státech na pobřeží východní části Jaderského moře až po Černou Horu, ve Švýcarsku. Areál dále sahá až na Britské ostrovy a ve Skotsku dosahuje severní hranice svého rozšíření. Současný areál zahrnuje 18 evropských zemí (regionů), přičemž do některých států byli raci introdukováni (Korsika, Lichtenštejnsko, Skotsko, pravděpodobně i Rakousko, Anglie, Irsko, Portugalsko - dnes již zřejmě vymizel, Španělsko, Wales) (Souty-Grosset et al. 2006).

3.2.2. Nepůvodní druhy v Evropě

V Evropě se ve volné přírodě vyskytuje **10 nepůvodních druhů** (Tab. 2) řazených do čeledí Astacidae, Cambaridae a Parastacidae (Souty-Grosset et al. 2006, Chucholl & Daudey 2008, Filipová et al. 2009). Termíny nepůvodní druh (tj. introdukovaný mimo svůj přirozený areál) a invazivní (nepůvodní) druh (čili takový, jehož šíření ohrožuje biologickou diverzitu) jsou v této publikaci použity podle Mlíkovského & Stýbla (2006).

Tab. 2. Nepůvodní druhy raků ve volné přírodě Evropy

Latinský název	Český název	Anglický název
Astacidae		
Pacifastacus leniusculus (Dana, 1852)	rak signální	Signal Crayfish
Cambaridae		
Procambarus clarkii (Girard, 1852)	rak červený	Red Swamp Crayfish
Procambarus acutus/zonangulus		White River Crayfish
Procambarus sp.	rak mramorovaný	Marbled Crayfish
Orconectes limosus (Rafinesque, 1817)	rak pruhovaný	Spiny-cheek Crayfish
Orconectes immunis (Hagen, 1870)		Calico Crayfish
Orconectes virilis (Hagen, 1870) druhový komplex		Virile Crayfish

Latinský název	Český název	Anglický název
Orconectes juvenilis (Hagen, 1870)		Kentucky River Crayfish
Parastacidae		
Cherax destructor Clark, 1936		Yabby
Cherax quadricarinatus (von Martens, 1868)		Redclaw

Bližší informace o druzích vyskytujících se ve volné přírodě u nás jsou obsaženy v kapitole 3.3., na tomto místě jsou uvedeny poznámky k rozšíření ostatních druhů:

***Procambarus clarkii* - rak červený**

Druh s původním areálem od severního Mexika po nejzápadnější oblast Floridy (Escambia County) a na sever po Illinois a Ohio byl introdukován na mnoho míst světa (např. další oblasti USA, Střední a Jižní Amerika, Havajské ostrovy, Japonsko, Čína, Taiwan, Izrael, Egypt, Uganda, Zambie, Evropa) (Souty-Grosset et al. 2006, Wizen et al. 2008). V roce 1973 byli jedinci druhu pocházející ze státu Louisiana (USA) společně s *Procambarus zonangulus* introdukováni do jižního Španělska, kde se velmi úspěšně uchytili. Rak červený je dnes nejhojnějším druhem Španělska. Následnými introdukcemi se v 70. a 80. letech 20. století rozšířil i do Francie a Itálie a přirozenou cestou či introdukcemi kolonizoval Portugalsko. Rozmnožující se populace jsou známé od roku 1996 i v Německu a Švýcarsku (Pöckl 1999). Vyskytuje se rovněž na několika ostrovech, např. souostroví Azory (São Miguel), Baleárské ostrovy (Mallorca), Kanárské ostrovy (Tenerife), Sardínie a Sicílie a možná Kypr. Některé introdukce pocházejí ze Španělska, jiné z Keni a Dálného východu (Souty-Grosset et al. 2006).

V současnosti je druh v Evropě znám z 13 zemí včetně uvedených ostrovů s převahou výskytu ve Španělsku, Francii a Itálii. V České republice je rak červený oblíbený v akvarijních chovech. Je rezistentním přenašečem račího moru a hrozí, že bude nezodpovědně vysazen do volné přírody i u nás. Druh patří mezi tzv. r-stratégy, tj. živočichy s poměrně krátkým životním cyklem (dožívá se až 4 let, ve volné přírodě však většinou 12 - 18 měsíců) a s vysokou rozmnožovací schopností. Zejména v nižších zeměpisných šířkách může mít alespoň dvě generace do roka a u samic bylo zjištěno až 600 vajíček v jedné

snůšce. Jedná se o agresivního raka, který je přizpůsoben životu v sezónně zaplavovaných mokřadech a dokáže si hloubit nory až do více než 2 metrů! Žije v různých typech biotopů, např. v bažinách, řekách, pomalu tekoucích vodách, přehradách, zavlažovacích systémech či rýžových polích a nevyhýbá se ani slanému prostředí. Při introdukcích se dokáže rychle uchytit. Jedná se o teplomilný druh, přesto může přežívat i v zamrzajících vodách (např. v Anglii). Jeho přítomnost způsobuje kromě možného přenosu račího moru i další problémy, např. škody v zemědělství (hloubí nory, vyžírá rostliny na rýžovištích), akumuluje těžké kovy a jiné škodlivé látky, jež se hromadí ve vyšších potravních úrovních, zakaluje vodu a snižuje druhovou diverzitu i abundanci makrofyt, bezobratlých a obojživelníků změnami ve struktuře potravních řetězců (Souty-Grosset et al. 2006).

Rozlišovací znaky druhu

Přestože rak červený u nás zatím není znám z volné přírody, je rozlišení tohoto druhu uvedeno vzhledem ke značné pravděpodobnosti, že se časem může objevit. Hlavohrudní krunýř - karapax je na povrchu drsný, zvláště za týlním švem. Za očima je přítomen jeden pár postorbitálních lišt. Špička rostra je krátká. Klepeta jsou poměrně úzká, červená na obou stranách a prsty jsou výrazně prohnuté. Na svrchní straně klepet jsou zářivě červené (výjimečně modré) trny a hrboly. Spodní strana klepet je zářivě červená. Obdobně jako u raka pruhovaného má samice na břišní straně mezi posledními dvěma páry kráčivých nohou nepárový otvor do tzv. semenné schránky (*annulus ventralis*). Dospělý samec má hákovité výběžky na bázi 3. a 4. páru pereopodů.

Dorůstá 12 - 15 cm. Poměrně štíhlé tělo je obvykle tmavě červené až rudohnědé se světlejšími skvrnami. Na rozdíl od ostatních druhů jsou žábrosrdeční švy sblížené, často se dotýkají (Obr. 4).

Procambarus acutus/zonangulus

Původní areál druhu leží na jihovýchodě Severní Ameriky. V Nizozemí se *Procambarus acutus/zonangulus* (identita není úplně jasná) vyskytuje minimálně od roku 2002 (Koese 2008).

***Procambarus* sp. - rak mramorovaný** (Obr. 17)

Původní areál ani druhová totožnost tohoto taxonu není známa. Geneticky i morfologicky je však velmi blízký severoamerickému druhu *Procambarus falax* (Scholtz et al. 2003). V Evropě byl výskyt tohoto záhadného druhu ve volné přírodě zatím publikován ze dvou lokalit v Německu (Vogt et al. 2004; poprvé

objeven r. 2003, v zatopené štěrkovně v oblasti Karlsruhe), jedné lokality v Holandsku a ze střední Itálie (Marzano et al. 2009). Kromě Evropy byl rak mramorovaný zavlečen např. na Madagaskar (Jones et al. 2009).

U nás je populárním a akvaristy často chovaným druhem díky svému mramorovanému zbarvení, rychlému rozmnožování a snadnému odchovu. Dožívá se většinou maximálně 3 až 4 let. Jedná se o drobného raka rozmnožujícího se partenogeneticky, tj. bez přítomnosti samců. Pro založení chovu stačí jediná samice, která je schopna v podmínkách teplého domácího akvária dospět a rozmnožovat se již za cca 2 až 3 měsíce (120 mláďat v průměru na 1 snůšku), a to v průběhu celého roku. Každý chovatel je tedy nucen poměrně brzy řešit problém, co s mladými jedinci, a hrozí, že jedním ze zvolených řešení může být vypouštění přebytků do volné přírody. Vzhledem k tomu, že jediná samice může teoreticky založit životaschopnou populaci a tento rak může být hostitelem původce račího moru, představuje jeho případné šíření do budoucna velké riziko. Podmínky, za kterých by tento partenogenetický rak byl schopen ve volné přírodě přežívat, zatím nejsou dobře známy, nicméně volně žijící populace v Evropě již existují a bylo doloženo, že mohou přežívat i přes zimu v zamrzajících stojatých vodách. Svými vlastnostmi je rak mramorovaný velmi vhodný laboratorní modelový organismus využívaný např. při toxikologických výzkumech. Vzhledem k partenogenezi a snadnému využití vajíček pro genetické manipulace se může stát prvním vhodným transgenním organismem v celém řádu Decapoda. Objevila se dokonce i spekulace, že druh mohl být geneticky modifikován již dříve v některé z laboratoří v jihovýchodní Asii (Vogt et al. 2004, Souty-Grosset et al. 2006).

Rozlišovací znaky druhu

Výskyt raka mramorovaného u nás zatím není znám z volné přírody. Je však pravděpodobné, že se časem může objevit, a proto jsou uvedeny morfologické charakteristiky tohoto druhu. Hlavohrudní krunýř je na povrchu hladký. Za očima přítomen jeden pár postorbitálních lišt. Klepeta jsou velmi drobná, slabě granulovaná. Obdobně jako u raka pruhovaného má samice na břišní straně mezi posledními dvěma páry kráčivých nohou nepárový otvor do tzv. semenné schránky (*annulus ventralis*).

Dorůstá až 13 cm, obvykle ale méně než 10 cm. Tělo raka může být zbarveno od tmavohnědé, přes hnědavou, zelenou či modrou a charakteristickým znakem je nápadné mramorování, jak už jméno druhu napovídá.

Obr. 17. Rak mramorovaný *Procambarus* sp. A, pohled shora. B, čerstvě vylíhlí ráčci na břišní straně těla samice. Foto M. Štambergová.

Orconectes immunis

Severoamerický druh, jehož původní rozšíření sahá na východě Spojených států amerických od Mainu a Connecticutu až do východního Colorada a Wyomingu, od Alabamy na jihu po kanadskou jižní Manitobu, Ontario a Québec na severu. Výskyt v Evropě je zřejmě zatím omezen pouze na jižní Německo. Nicméně z jediné výchozí lokality v blízkosti města Bühl (mezi Freiburgem a Karlsruhe) se rozšířil po řece Rýn až do Karlsruhe (asi 45 km daleko) a možná i dále až do města Speyer vzdáleného dalších 35 km. Zřejmě se vyskytuje rovněž ve stojatých a pomalu tekoucích vodách poblíž hlavní řeky.

Orconectes virilis

V Severní Americe se jedná o značně diverzifikovaný druhový komplex, obsahující řadu blízce příbuzných linií. Některé z nich jsou popsány jako samostatné druhy, jiné prozatím ne. Evropské populace nejsou totožné s druhem *O. virilis* sensu stricto (v pravém slova smyslu). Jejich výskyt v Evropě je zatím zřejmě omezen pouze na jednu oblast v Holandsku a další oblast ve Velké Británii (povodí řeky Lee, severní Londýn) (Souty-Grosset et al. 2006, Ahern et al. 2008).

Orconectes juvenilis

Původní areál zahrnuje oblast od jižního Ontaria a Michiganu po Kentucky a Tennessee. V Evropě se jediná známá volně žijící populace vyskytuje ve východní Francii (řeka Dessoubre, Rosureux, Doubs) poblíž švýcarských hranic. V roce 2005 prvně ve Francii nalezený druh byl původně považován za *Orconectes rusticus* (Girard, 1852), nicméně později bylo prokázáno, že se ve skutečnosti jedná o velmi podobný a blízce příbuzný druh *O. juvenilis* (viz Souty-Grosset et al. 2006, Chucholl & Daudey 2008). Tento druh raka je dostupný v akvaristikách.

Cherax destructor

Původně východoaustralský druh je v současnosti v Evropě známý ze Španělska, kde se vyskytují asi čtyři populace (Souty-Grosset et al. 2006), a ze střední Itálie (Scalici et al. 2009). Jeden exemplář byl rovněž nalezen ve švýcarském kantonu Aargau.

Cherax quadricarinatus

Přirozeným areálem druhu je SZ Queensland a Severní teritorium v tropické Austrálii a JV Papua-Nová Guinea. Do Evropy byl přivezen pro akvarijní účely

a v mnoha státech je dnes z těchto důvodů chován, včetně Anglie a Španělska. V Itálii se chová ke konzumaci. Druh byl uloven v říjnu 2007 v Nizozemí (Soes 2008), ale není známo, zda se uchytil. Vzhledem k tomu, že je schopen snášet nízké zimní teploty, mohl by druh při úniku z chovu nebo záměrném vysazení ve volné přírodě úspěšně přežívat, zejména v jižní Evropě.

3.3. Raci v České republice

V současné době se u nás ve volné přírodě můžeme setkat celkem s pěti druhy raků řazenými do dvou čeledí Astacidae a Cambaridae.

Z původní evropské fauny se u nás vyskytují 3 druhy (čeleď Astacidae):
- rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803)
- rak říční *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758)
- rak bahenní *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823.

Další 2 druhy zjištěné na našem území jsou severoamerického původu:
- rak signální *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) - čeleď Astacidae
- rak pruhovaný *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) - čeleď Cambaridae

Pro správnou determinaci u nás žijících raků je následně uveden přehled určovacích znaků jednotlivých druhů. Abychom přesně rozlišili jednotlivé druhy, je často nutné použít **kombinaci více rozlišovacích znaků**. Podrobnější popisy těch nejdůležitějších z nich naleznete u jednotlivých druhů v odstavcích „Rozlišovací znaky druhu“, srovnávací tabulce v Boxu 2 a v Určovacím klíči našich raků (Příloha 1). Pomocí přiložených kreseb (Obr. 4, 61) a fotografií (např. viz kapitoly 3.3.1. - 3.3.5.) se rovněž snažíme názorně zobrazit jasné rozdíly mezi druhy, neboť některé znaky mohou být často značně variabilní. Například délka těla, tvar a velikost klepet či zbarvení těla raků se mohou měnit s věkem jedince nebo v závislosti na jeho fyziologickém stavu či vnějších podmínkách a mohou při určování sloužit jen jako pomocné charakteristiky (Obr. 18, 48). Při popisu a výčtu znaků vycházíme z prací Mourka et al. (2006), Pöckla et al. (bez vročení), Grunera (1992) a Souty-Grosset et al. (2006). Uváděná velikost (resp. délka) raků je měřena od špičky rostra po konec telsonu.

Obr. 18. Raci říční (*Astacus astacus*), rybník U Sudu v Píseckých horách, 10. 9. 2009. Nápadná variabilita ve zbarvení jedinců stejného druhu na téže lokalitě. Foto E. Kozubíková.

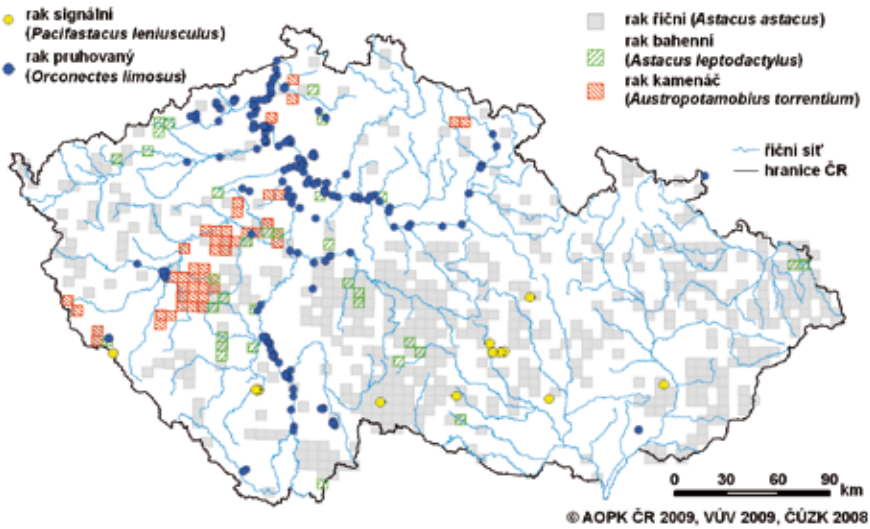
Box 2

Rozlišovací znaky našich původních a nepůvodních druhů raků (Mourek et al. 2006, upraveno dle prací Pöckla et al. (bez vročení) a Grunera (1992) a podle vlastních poznatků.) Hlavní znaky jsou tučně zvýrazněny, bližší vysvětlení uvedeno v textu.

	rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*)	**rak říční** (*Astacus astacus*)	**rak bahenní** (*Astacus leptodactylus*)	**rak pruhovaný** (*Orconectes limosus*)	**rak signální** (*Pacifastacus leniusculus*)
počet a tvar postorbitálních lišt	**1 pár** nízké, směrem dozadu se ztrácejí	**2 páry** leží v 1 linii	**2 páry** leží v 1 linii	**1 pár** výrazně vystouplé, z obou stran ostře vymezené	**2 páry**
špička rostra	krátká	poměrně dlouhá, ostrá	velmi dlouhá, úzká a ostrá	poměrně dlouhá, ostrá	poměrně dlouhá, ostrá
podélný kýl rostra	chybí nebo je slabě naznačen	výrazný, pilovitý	výrazný, pilovitý	chybí	chybí nebo je slabě naznačen
podélné strany rostra	hladké	hladké	**pilovité**	hladké	hladké
spodní strana klepet	**světlá,** béžová, někdy s růžovým nebo oranžovým nádechem	**červená až hnědočervená**	**světlá,** bledě žlutá nebo béžová, špičky někdy dočervena	**světlá,** béžová, někdy oranžová	**sytě červená**
další nápadné zbarvení	-	vzácně se objevují modře nebo modrozeleně zbarvení jedinci	-	**příčné hnědočervené nebo cihlové pruhy na zadečku**, oranžové špičky klepet	**bílá až namodralá „signální“ skvrna** u kloubů pohyblivých prstů klepet
povrch krunýře	vždy bez trnů a výrazných hrbolků, pouze jemně zrnitý	malý počet trnů a hrbolků (nejméně 2 páry) pouze za týlním švem	výrazné trny a hrbolky před i za týlním švem	výrazné trny a hrbolky před i za týlním švem	téměř hladký, vždy bez trnů
žábrosrdeční švy	oddálené	oddálené	oddálené	oddálené	oddálené
maximální velikost (bez klepet)	10 cm	16 - 18 cm	18 - 20 cm	11 cm	16 - 18 cm
tvar a povrch klepet	**široká, drsná** obvykle menší než u raka říčního a raka signálního	**mohutná široká, drsná**	**úzká s protaženými prsty, drsná**	**drobná a krátká**	**mohutná široká, hladká**
status	**původní druh**	**původní druh**	vysazen, původem z východní Evropy a západní Asie	nepůvodní druhy ze Severní Ameriky, přenašeči račího moru	
právní ochrana	kriticky ohrožený druh	kriticky ohrožený druh	ohrožený druh	-	-

Přestože raci představují poměrně známé a populární zástupce naší fauny, znalosti o jejich rozšíření na našem území byly ještě v nedávné době značně neúplné. Za účelem zjištění aktuálního stavu rozšíření našich raků proto Agentura ochrany přírody a krajiny ČR zkoordinovala detailní **celoplošné mapování** všech u nás se vyskytujících druhů (Box 3). Metodika mapování i formuláře pro zápisy nálezových dat jsou uvedeny v přílohách (Příloha 2, 3). Přehled známého rozšíření všech u nás se vyskytujících raků je předložen v kapitolách „Rozšíření v ČR" u jednotlivých druhů.

Přiložené mapy (Obr. 19, 27, 37, 43, 55 a 65) byly vytvářeny zejména na základě nálezových dat získaných při celoplošném mapování. Rovněž byly použity ostatní evidované nálezy, data z mapování dostupná na http://www.biolib.cz či údaje publikované v literatuře (Petrusek et al. 2006). Převážná většina nálezů pochází z období po roce 1990. Byly zařazeny i některé údaje o výskytu raků na lokalitách, kde však při pozdějších kontrolách nebyl příslušný druh raka nalezen (např. místa po úhynu raků na račí mor nebo některé znovu neověřené lokality nepůvodních raků), a to proto, že většinou nelze přítomnost raků na lokalitě vyvrátit. I když raci nejsou opakovaně nalezeni, stále zůstává určitá pravděpodobnost, že se na lokalitě pořád vyskytují, pouze je jejich početnost velmi nízká.



Obr. 19. Přehled výskytu všech pěti druhů raků žijících ve volné přírodě v České republice. Podle podkladů AOPK ČR zhotovil Z. Kučera.

Box 3
Mapování výskytu raků organizované AOPK ČR

S celorepublikovým mapováním všech pěti u nás se vyskytujících druhů raků začala Agentura ochrany přírody a krajiny ČR v roce 2004.

Výzkum probíhal na vodních tocích i vybraných stojatých vodách se zaměřením na zjištění aktuálního stavu rozšíření původních i nepůvodních raků a získání informací o jejich ekologii a příčinách ohrožení. Jednalo se o široce založené mapování na území celého státu, které bylo prováděno na základě jednotné metodiky, odlišné podle charakteru lokality. Úseky na malých vodních tocích, které sledovali zejména externisté z řad studentů přírodovědeckých fakult apod., bylo možné prohledávat ručně (Příloha 2). Údaje o druhové příslušnosti nalezených raků, počtech odchycených jedinců (s rozlišením pohlaví a rozčleněním do délkových kategorií) a popis charakteru toku a jeho okolí byly zaznamenávány do standardních formulářů (Příloha 3).

Velké vodní toky a stojaté vody byly sledovány odlišnou metodou (Příloha 2) za pomoci instalovaných vrší s návnadou (Obr. 20). Jejich mapová-

Obr. 20. Rak říční (*Astacus astacus*), Kalenský potok v Podkrkonoší, 20. 9. 2004. Odchyt jedinců do vrše s návnadou (rybí maso, chléb). Foto M. Štambergová.

ní zajišťovala z velké části regionální pracoviště AOPK ČR a v těchto případech byla zjišťována pouze přítomnost a druhová příslušnost raků.

Kromě systematického sledování byly v rámci mapování rovněž ověřovány historické a sporné nálezy. Dále byla digitalizována a případně revidována data z „Akce rak“ organizované v 80. letech 20. století (Holzer 2000). Rovněž byli výzvou osloveni potápěči, kteří mají často cenné údaje i fotodokumentaci pozorovaných raků, a evidována byla i nálezová data z mapování probíhajícího v rámci mezinárodní Encyklopedie rostlin, hub a živočichů BioLib dostupné na internetových stránkách http://www.biolib.cz. Kromě celoplošného projektu probíhalo i mapování v rámci jednotlivých studií zaměřených na vybrané oblasti či druhy pro účely vytváření soustavy Natura 2000 (soustava chráněných lokalit evropského významu). V dílčích studiích byla rovněž věnována pozornost dalším negativním faktorům ohrožujícím naše původní druhy, např. hodnocení vlivu predace norkem americkým na populace raka kamenáče (Fischer 2005b), popis rizikových zásahů a návrhy řešení apod. (Fischer 2005a, 2006).

Velká většina území státu byla zmapována v letech 2004 až 2005, nicméně v omezené míře probíhá mapování i v současnosti. Celkově bylo doposud pokryto více než 90 % území ČR (Obr. 21). Z celkového počtu 13 110 úseků bylo zmapováno 12 670. Na 1 092 úsecích byli raci nalezeni.

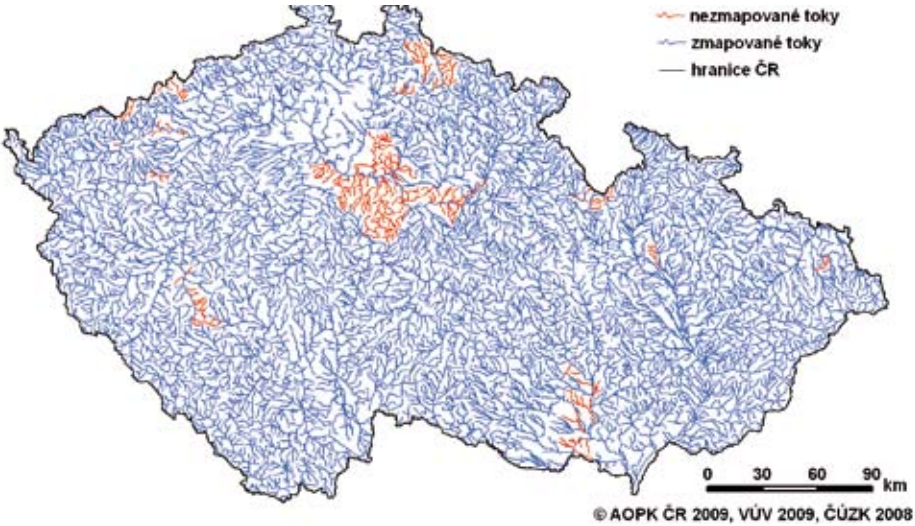
V rámci dalšího zpracování výsledků byla navázána spolupráce s katedrou ekologie na Přírodovědecké fakultě UK v Praze (kapitola 8), především v souvislosti s výzkumem račího moru a sledováním populací v oblastech ohrožených tímto onemocněním. V současné době jsou opětovně kontrolovány lokality s výskytem původních raků v blízkosti míst s nálezem raka pruhovaného nebo raka signálního (více viz kapitola 6.2.). Následně po digitalizaci získaných dat o rozšíření raků rovněž začala spolupráce s Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v.v.i. v Praze a výsledky mapování raků byly konfrontovány s údaji o jakosti vody (Svobodová et al. 2008).

Získané poznatky z mapování považujeme za důležitý základ pro ochranu a podporu račích populací a nezbytný podklad pro další sledování. Od roku 2006 probíhá již pravidelný monitoring lokalit evropsky významných druhů, raka říčního a raka kamenáče (více viz kapitoly 4. a 5.3.1.). U posledně jmenovaného je rovněž od roku 2008 v rámci monitoringu populací sledována jeho náročnost na kvalitu vody a opakovaně jsou odebírány vzorky vody na převážné většině známých lokalit. Zejména

dlouhodobý monitoring je zdrojem nezbytných poznatků pro posouzení současného stavu račích populací v naší přírodě, případně může pomoci v boji proti smrtelnému onemocnění evropských raků - račímu moru.

Výsledky získané při mapování raka kamenáče, raka říčního, raka bahenního, ale i dvou u nás se vyskytujících severoamerických druhů raka pruhovaného a raka signálního zahrnují informace o celkovém rozšíření a ekologii každého z druhů. Přinášíme je v kapitole 3.3. a následujících publikacích např. Chobot (2006), Svobodová et al. (2008), Štambergová & Kučera (2009). Výsledky mapování byly digitalizovány a jsou dostupné na základě smluvních ujednání v nálezové databázi na stránkách portálu ochrany přírody (http://portal.nature.cz).

Mapování výskytu raků koordinované AOPK ČR probíhalo z převážné části v rámci projektu VaV/620/01/03 „Výzkum, ekologie a rozšíření, návrh managementu populací a záchranných programů zvláště chráněných druhů živočichů“ v rámci Programu výzkumu a vývoje MŽP.



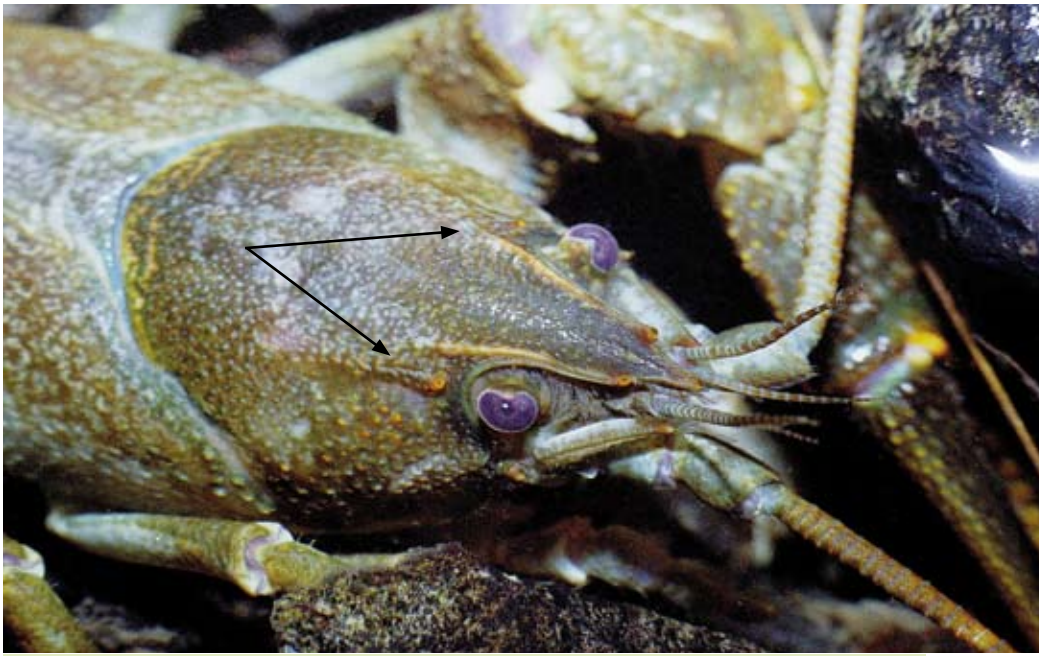
Obr. 21. Přehled zmapovaných toků v rámci celoplošného mapování výskytu raků AOPK ČR. Podle podkladů AOPK ČR zhotovil Z. Kučera.

3.3.1. Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*)

Rozlišovací znaky druhu

Hlavohrudní krunýř je na povrchu hladký, zcela bez trnů (Obr. 24). Spodní (ventrální) okraj antenální šupiny s řadou trnů má pilovitý vzhled (Obr. 22). Za očima je přítomen pouze jeden pár postorbitálních lišt (stejně jako u nepůvodního raka pruhovaného), které jsou nízké a plynule se ztrácejí kaudálním směrem (Obr. 23). Rostrum je krátké (Obr. 23, 25). Obvykle se uvádí (Pöckl et al. bez vročení), že špička rostra má tvar rovnostranného trojúhelníku. Na základě průzkumu mnoha jedinců z různých lokalit v Čechách lze konstatovat, že toto tvrzení platí pouze pro malou část jedinců v těchto populacích (D. Fischer, osobní sdělení). Nicméně špička rostra u raka kamenáče je přece jen kratší a její báze poněkud širší než u raka říčního (srv. Obr. 23, 25 s Obr. 33).

Obr. 22. Detail hlavové části raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*), Bzovský potok. Pilovitý okraj antenální šupiny (šipka) je jedním z určovacích znaků - srv. s Obr. 32 (rak říční). Foto J. Svobodová.



Obr. 23. Detail hlavové části raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Patrný je jeden pár postorbitálních lišt (šipky) a krátká špička rostra. Foto M. Štambergová.

Klepeta jsou poměrně mohutná, široká a drsná na povrchu (Obr. 25), stejně zbarvená jako tělo, zatímco jejich spodní strana (Obr. 26) je světle žlutě, béžově, narůžověle či světle oranžově zbarvená (na rozdíl od sytě červeně zbarvených klepet raka říčního a raka signálního). Na jejich nepohyblivém prstu jsou dva nepříliš výrazné hrbolky, avšak u nedospělých jedinců jen jeden.

Může dorůstat délky až 12 cm (Souty-Grosset et al. 2006), ale častěji méně než 10 cm.

Rozšíření ve světě

Rak kamenáč je svým výskytem vázán na střední a jihovýchodní Evropu. Severní hranice rozšíření probíhá v Německu a České republice (Souty-Grosset et al. 2006). V Čechách je areál ohraničen pohořími Sudet (Lohniský 1984a), v Německu byla nejsevernější známá lokalita nedávno objevena v Sasku v těsné blízkosti Drážďan (Martin et al. 2008). Podle Brteka (1992) leží západní hranice

Obr. 24. Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*), Luční potok v Podkrkonoší u obce Rudník, 9. 7. 2008. A, hlavohrudní krunýř je na povrchu hladký, bez trnů. B, pohled z boku. Foto M. Štambergová.

Obr. 25. Samice raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*), Trojhorský potok v CHKO České středohoří, 6. 8. 2009. Klepeta jsou poměrně mohutná, široká a drsná na povrchu. Foto M. Štambergová.

rozšíření na Rýnu a jeho pravostranných přítocích od pramenné oblasti na sever až po povodí řeky Lahn. Souty-Grosset et al. (2006) uvádí výskyt druhu i dále na západ v Lucembursku a Francii. Na jihu uzavírá oblast rozšíření jižní oblouk Alp a pobřeží Jaderského moře až ke Skadarskému jezeru na pomezí Černé Hory a Albánie. Širokým pásem pokračuje přes Balkánský poloostrov a zasahuje až do Řecka k Soluňskému zálivu (Lohniský 1984a, Brtek 1992, Souty-Grosset et al. 2006). Nově byl druh objeven i v evropské části Turecka (Harlioğlu & Güner 2007). Východní hranici rozšíření tvoří západní Rumunsko a západní Bulharsko (řeky Marica a Jantra) (Brtek 1992). V rámci areálu druhu byly nalezeny některé geneticky výrazně odlišné populace. Zajímavá je zejména genetická linie raka kamenáče nově objevená v povodí řeky Kupy (slovinsky Kolpa), kde by se mohlo jednat dokonce o nový druh (Trontelj et al. 2005).

Obr. 26. Samec raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) z břišní strany, Luční potok v Podkrkonoší u obce Rudník, 9. 7. 2008. Poměrně mohutná, široká klepeta jsou zespodu zbarvena světle žlutě, béžově až narůžověle. Foto M. Štambergová.

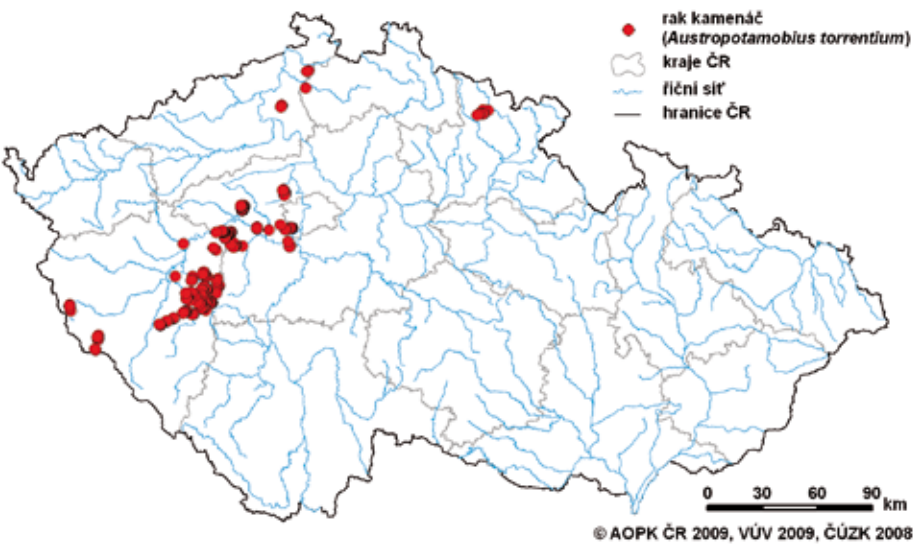
Rozšíření v ČR

Ještě v nedávné době byl rak kamenáč na našem území považován za téměř vyhynulý druh (Holzer 2000, Policar & Kozák 2000), obývající převážně horní partie čistých kamenitých potoků. Podle revize Lohniského (1984a) a následného ověřování lokalit raka kamenáče Ďurišem et al. (2001) byl jeho aktuální výskyt spolehlivě doložen na čtyřech lokalitách v rámci celého území. Vzhledem ke zvýšenému zájmu o daný druh mimo jiné v souvislosti s vytvářením podkladů pro soustavu Natura 2000, přibylo postupně v letech 2000 - 2003 dalších 17 lokalit s potvrzeným výskytem v povodí Úslavy, Úhlavy, Radbuzy a Klabavy (Fischer et al. 2004a, b). V roce 2005 byl druh nalezen i v povodí Střely.

Centrum výskytu raka kamenáče na našem území se na základě současného stavu znalostí nachází ve středních a západních Čechách. Další izolované lokality jsou známy z území CHKO České středohoří, Podkrkonoší a Domažlicka. V západních Čechách druh obývá i jeden z hraničních toků s Německem, který oproti všem ostatním lokalitám výskytu u nás náleží do povodí Dunaje. Rak kamenáč je v současné době celkově potvrzen ze 45 toků. Převážná většina lokalit je i nadále pravidelně sledována v rámci monitoringu raka kamenáče (viz Box 5, Příloha 4, 5, Vlach et al. 2009).

Výskyt druhu v oblasti Orlických hor, Žďárských vrchů a Šumavy, často tradovaný v literatuře, není podložen dokladovým materiálem, nebo se jedná o chybné určení druhu (Lohniský 1984a, Brtek 1992). Z Moravy druh rovněž není znám (Lohniský 1984a, b, Ďuriš et al. 2001).

Předběžné **výsledky genetických analýz** (založených na sekvenaci mitochondriálního genu pro podjednotku I cytochrom c oxidázy; A. Petrusek et al., nepublikováno) prokázaly, že české populace raka kamenáče jsou až na jednu výjimku geneticky poměrně uniformní. Mezi analyzovanými jedinci reprezentujícími většinu českého areálu druhu (toky v povodí Berounky i v Českém stře-



Obr. 27. Rozšíření raka kamenáče v ČR. Podle podkladů AOPK ČR zhotovil Z. Kučera.

dohoří) převažoval genotyp rozšířený i na většině území Německa (Schubart & Huber 2006), vzácně se vyskytly od dominantního genotypu odvozené mutace. Lze předpokládat, že tato mitochondriální linie mohla v rámci historického šíření druhu překročit v období čtvrtohor rozvodí Dunaj - Labe v českých pohraničních horách a kolonizovat povodí Berounky a potažmo i některé další přítoky Labe.

Izolovaná populace raka kamenáče v Lučním potoce v Podkrkonoší je ale jiného původu - odpovídající genotyp byl doposud nalezen pouze ve Slovinsku a ani příbuzné linie nejsou známy na sever od Alp. V tomto případě je velmi pravděpodobné, že byli raci dovezeni a vysazeni člověkem v nedávné minulosti (Petrusek et al., nepublikováno).

Ekologie a biologie

Raka kamenáče můžeme nalézt zejména v horních partiích kamenitých, neregulovaných toků, s velkým množstvím přirozených úkrytů (Obr. 28). Výskyt ve stojatých vodách v rámci České republiky nebyl dosud publikován, přesto se nám jej podařilo najít v soustavě průtočných jezírek (z části vybetonovaných a zanesených vrstvou bahna) propojené bývalým mlýnským náhonem v areálu Nového Mlýna (Zákolanský potok, Okoř, 2. 9. 2009, Mourek J., Štambergová M., Svobodová J. observ.). Rak kamenáč byl zaznamenán i v rybníce na horním toku Úpořského potoka (Z. Ďuriš, osobní sdělení). Souty-Grosset et al. (2006) citují autory Troschel & Dehus (1993) a Dehus (2000), kteří obdobně jako Renz & Breithaupt (2000) zmiňují výskyt raka kamenáče kromě z výše položených toků rovněž z několika jezer a rybníků na území Bádenska-Württemberska v Německu.

Na základě informací získaných při celorepublikovém mapování AOPK ČR můžeme říci, že toky osídlené rakem kamenáčem mají přírodní charakter s častými meandry nebo střídajícími se rovnými a meandrujícími úseky. V pomaleji tekoucích úsecích, které tvoří přirozené tůně, se usazuje nezetlelý organický sediment. Širší okolí toků s výskytem raka kamenáče, ale např. i raka říčního je tvořeno nejčastěji smíšenými lesy nebo loukami, ale výjimkou není výskyt obou druhů přímo v obcích (Mourek et al. 2006). Ke stejným nebo podobným závěrům dospěl i Bohl (1987) a Renz & Breithaupt (2000).

Přestože byl rak kamenáč považován za jednoho z indikátorů čistých kamenitých potoků, můžeme se s ním v extrémních případech setkat i ve vodách silně znečištěných komunálními odpady, navíc se silným vlivem zabahnění. Příkladem takového toku může být Zákolanský potok s přítoky. O výskytu raka kamenáče v daném potoce v minulosti se zmiňuje Pecina

Obr. 28. Stroupínský potok, lokalita sympatrického výskytu raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) a raka říčního (*Astacus astacus*), 18. 6. 2008. Foto M. Štambergová.

(1985), novodobé sledování popisuje Mourek et al. (2006). Na uvedené lokalitě byla zároveň zaznamenána nejnižší koncentrace rozpuštěného kyslíku ze všech sledovaných lokalit s výskytem raka říčního a raka kamenáče, která činila 2,8 $mg.l^{-1}$ (Svobodová et al. 2008). Obdobně i Dolný & Ďuriš (2001) uvádějí, že rak bahenní a překvapivě i rak kamenáč snášejí nižší kvalitu vody a vyskytují se i ve vodách středně znečištěných (beta-mezosaprobních).

Břehy osídlených toků jsou často lemovány keřovou nebo stromovou vegetací, jejíž kořeny zasahují do koryta. Spleť kořenů přirozeně zpevňuje břehy a tvoří vhodné úkryty pro vodní živočichy, včetně raka kamenáče. Bohl (1987), který zkoumal habitat s rakem říčním a rakem kamenáčem, vyhodnotil jako nejvýznamnější na těchto lokalitách právě kořeny příbřežní vegetace zasahující do toku. Stejné výsledky vycházejí z mapování raků v ČR. Dno toku většinou pokrývají kameny a štěrk, které jsou rovněž velmi často využívány jako vhodné úkryty raka kamenáče. Renz & Breithaupt (2000) uvádějí jako dominantní sub-

strát na pěti lokalitách s rakem kamenáčem kameny, štěrk, ale i písek. Jasnou preferenci toků s kamenitým až balvanitým dnem u raků zmiňuje i Fischer et al. (2004a). Kromě přítomnosti vhodných úkrytů v korytě toku považuje za důležitý faktor pro výskyt druhu raka kamenáče i rychlost proudění vody v dané části toku. Raci jsou podle autorů nalézáni nejčastěji v tůních a klidných partiích toku, zatímco v proudivých úsecích i přes přítomnost možných úkrytů jsou jedinci nacházeni spíše ojediněle. Využití vyhloubených nor jako úkrytů u tohoto druhu bylo zaznamenáno jen výjimečně, v našich podmínkách např. na Zákolanském potoce (Obr. 29, Mourek et al. 2006).

Na některých lokalitách známe jeho společný výskyt s ostatními evropskými druhy, přičemž smíšené populace s rakem říčním mohou být stabilní po mnoho let (Souty-Grosset et al. 2006). Na devíti monitorovaných tocích byl zjištěn jeho sympatrický výskyt s tímto druhem (Zubřina, Chocenický potok, Mítovský potok, Bradava, Příkosický potok, Bzovský potok, Stroupínský potok a Zákolanský potok), na Padrťském potoce se vyskytují rak kamenáč a rak říční

Obr. 29. Zákolanský potok u Malých Číčovic, ve kterém rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) využívá jako úkrytů vyhloubené nory v březích a na dně toku, 2. 9. 2009. Foto M. Štambergová.

společně s rakem bahenním (Kozák et al. 2000d, Mourek et al. 2006, Vlach et al. 2009).

Podle Bohla (1987) je průměrná vzdálenost výskytu raka kamenáče od pramene 2,1 km. Nejčastěji se vyskytuje na 2 - 3 řádu toku podle Horton-Strahlera (Horton 1945, Strahler 1957, HEIS, http://heis.vuv.cz). Bohl (1987) uvádí, že různá vzdálenost výskytu raka kamenáče (a raka říčního) od pramene není způsobena rozdílností v ekologických nárocích na niku, ale spíše kompeticí mezi oběma druhy. Rak kamenáč byl zaznamenán v tocích s šířkou koryta od 40 cm do 8 metrů (Fischer et al. 2004a).

Co se týče vertikálního rozšíření raka kamenáče v Evropě, byl zjištěn v nadmořských výškách 310 - 820 m (Bohl 1987, Renz & Breithaupt 2000). Souty-Grosset et al. (2006) se zmiňují o nálezu druhu dokonce ve výšce 1 700 m n.m. Brtek (1992) udává rozpětí mezi 130 až 500 m n. m., nález ze 130 m n.m. ale pochází ze Slovenska. Výškové rozpětí lokalit, ve kterých byl rak kamenáč nalezen u nás, je mezi 230 m n.m. a 640 m n.m. (Databáze AOPK ČR, Vlach et al. 2009).

Obr. 30. Zákolanský potok před soutokem s Dřetovickým potokem.
Jedna z lokalit raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*), 26. 5. 2009.
Úpravy narušující přírodní charakter koryta a znečištění vody v Zákolanském potoce zřejmě způsobují, že je populace raka kamenáče oslabena.
Foto M. Štambergová.

Nejnižší oblast se nachází na Hýskovském potoce u soutoku s Berounkou, kde však v poslední době rak kamenáč nebyl znovu nalezen. V současné době je nejnižší zaznamenané místo s výskytem raka kamenáče v České republice Zákolanský potok před soutokem s Dřetovickým potokem v nadmořské výšce 240 m (Obr. 30). Nejvyšší nálezová místa v ČR jsou na Klabavě v oblasti Brd (625 m n.m., Databáze AOPK ČR, Obr. 31) a na Bílém potoce (640 m n.m., Vlach et al. 2009).

Rak kamenáč se dožívá více než 10 let. Plodnost se pohybuje od 40 do 100 ks vajíček ve snůšce v závislosti na velikosti samice. Jedinci pohlavně dospívají ve 2. až 4. roce života, při celkové délce 35 až 50 mm (Souty-Grosset et al. 2006). Raci se páří na podzim (koncem října až začátkem listopadu), kdy samci nalepují samicím bílé trubičkovité spermatofory do blízkosti párovitých pohlavních otvorů na kyčlích 3. páru hrudních noh. Oplodněná samice umísťuje vajíčka (v průměru asi 3 mm, většinou červenohnědé barvy) na spodní část zadečku. Zde upevněná vajíčka jsou opatrována samicí až do jara následujícího roku, kdy ukončují svůj vývoj. Ráčci se líhnou v závislosti na teplotě, zeměpisné šířce

Obr. 31. Potok Klabava pod Padrťskými rybníky v Brdech. Lokalita s výskytem raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*), 3. 6. 2009. Foto M. Štambergová.

a nadmořské výšce od května do poloviny července (Souty-Grosset et al. 2006). Asi dva týdny po vylíhnutí, do prvního svlékání, se přidržují brv na břišních nožkách pod ohnutým zadečkem samice. Tam se ještě ukrývají i pár dní po svlékání, dokud postupně nepřejdou na samostatný způsob života. Zpočátku malí ráčci svlékají krunýř několikrát do roka, postupně se počet svlékání snižuje a je závislý převážně na stáří, teplotě vody a úživnosti prostředí.

Z ryb vyskytujících se v tocích osídlených rakem kamenáčem lze jmenovat např. pstruha obecného (*Salmo trutta* m. *fario*), vranku obecnou (*Cottus gobio*), hrouzka obecného (*Gobio gobio*), střevli potoční (*Phoxinus phoxinus*), mihuli potoční (*Lampetra planeri*). Mezi predátory raka kamenáče patří pstruzi, siven americký (*Salvelinus fontinalis*), havranovití, volavky, vydry, lišky a z velké části introdukovaný norek americký (*Mustela vison*), případně mýval severní (*Procyon lotor*) (Fischer & Pavluvčík 2006, Souty-Grosset et al. 2006, Fischer et al. 2009).

Rak kamenáč je nejmenší a nejpomaleji rostoucí ze všech původních evropských druhů a až na výjimky nebyl využíván na rozdíl od raka říčního pro konzumní účely (Polák 1886, Souty-Grosset et al. 2006).

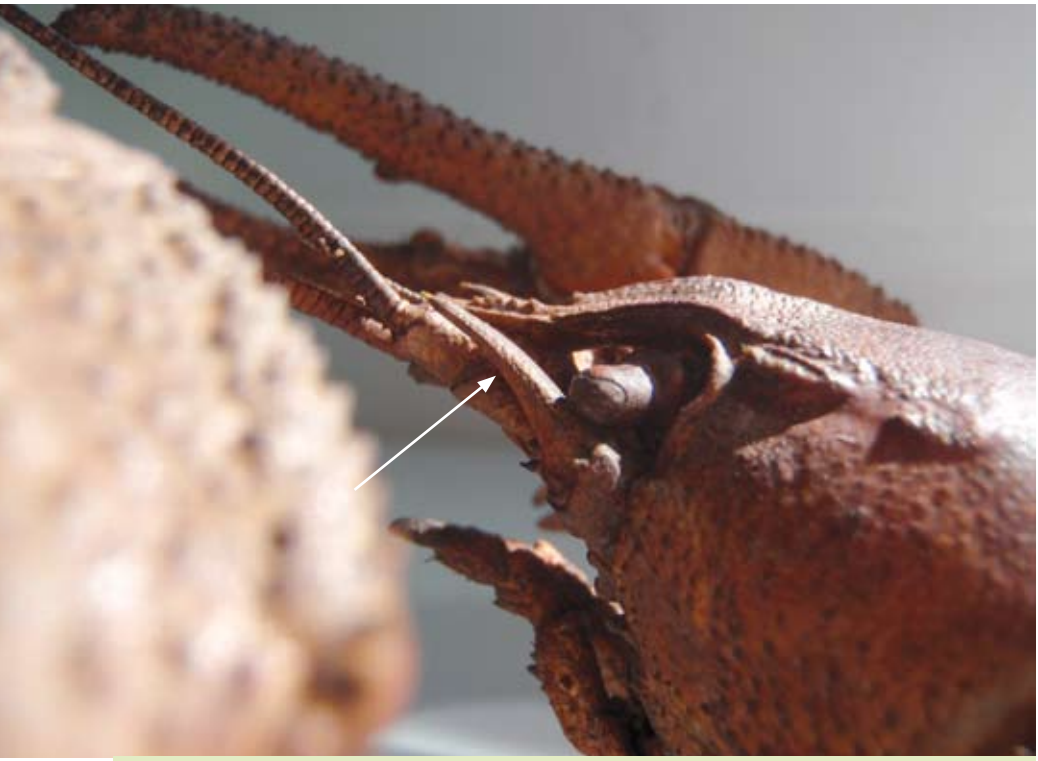
3.3.2. Rak říční (*Astacus astacus*)

Rozlišovací znaky druhu

Hlavohrudní krunýř nese po stranách trny, které jsou pouze za týlním švem. Bývá jich poměrně malý počet (alespoň dva páry). Antenální šupina není na rozdíl od raka kamenáče vroubkovaná (Obr. 32). Za očima jsou přítomny dva páry postorbitálních lišt (stejně jako u raka bahenního a raka signálního), přičemž zadní pár může být méně výrazný až nenápadný (Obr. 33, 34). Rostrum je středně dlouhé s poměrně dlouhou ostrou špičkou (Obr. 33, 34).

Klepeta jsou široká a drsná na povrchu, u velkých samců velmi robustní, na povrchu stejně zbarvená jako tělo. Na vnitřní hraně pevného prstu bývají dva výrazné hrbolky (Obr. 35), hrana je mezi nimi vykrojená, na rozdíl od raka bahenního. Spodní strana klepet je hladší než strana svrchní a je sytě červená až hnědočervená (Obr. 6). Můžeme se však setkat i s jedinci modře zbarvenými, u kterých červená barva na spodní straně klepet ustupuje, kloub pevného a pohyblivého prstu klepet však zůstává červený (Obr. 18, 36). Podle Krupauera (1982) mají krunýř zbarvený do modra někteří čerstvě svlečení raci. Postupem času mohou měnit barvu na červenohnědou až černou.

Rak říční dorůstá i více než 15 cm, Souty-Grosset et al. (2006) uvádějí maximální délku těla 18 cm.



Obr. 32. Detail hlavové části raka říčního (*Astacus astacus*), Stroupínský potok. Hladký okraj antenální šupiny (šipka) je jedním z určovacích znaků - srv. s Obr. 22 (rak kamenáč). Foto J. Svobodová.

Rozšíření ve světě

V současné době je rak říční znám téměř z celé Evropy (Souty-Grosset et al. 2006), kde se rozšířil zejména po poslední době ledové. Je nejrozšířenějším původním evropským druhem, jehož výskyt byl potvrzen ze 39 zemí (s nejistým výskytem ve třech dalších státech - Andorra, Kypr a Turecko). Východní hranice rozšíření se nachází v oblasti Ruska, Běloruska, Ukrajiny a Gruzie. Jižně zasahuje areál až do Řecka a Albánie, severně pak do Finska. Do Norska a Švédska byl zřejmě druh introdukován až člověkem ve středověku, nicméně i přesto je v celé Skandinávii považován za původní druh a v této oblasti společně s Pobaltím dosahuje rak říční nejbohatších populací (Souty-Grosset et al. 2006). V 60. letech 20. století byl rak říční introdukován do Španělska, nicméně pokus byl neúspěšný

Obr. 33. Detail hlavové části raka říčního (*Astacus astacus*). Patrné jsou dva páry postorbitálních lišt (šipky). Foto M. Štambergová.

Obr. 34. Rak říční (*Astacus astacus*), Stroupínský potok (Hředle), 26. 5. 2009. Patrné jsou dva páry postorbitálních lišt za očima a středně dlouhé rostrum. Foto M. Štambergová.

Obr. 35. Rak říční (*Astacus astacus*). Široká klepeta jsou na spodní straně sytě červená, vnitřní hrana pevného nepohyblivého prstu mívá dva výrazné hrbolky (šipky). Foto M. Štambergová.

Obr. 36. Rak říční (*Astacus astacus*), rybník U Sudu v Píseckých horách, 10. 9. 2009. Modře zbarvený jedinec má poměrně světle zbarvenou spodní stranu klepet na rozdíl od typicky zbarvených jedinců!! Foto E. Kozubíková.

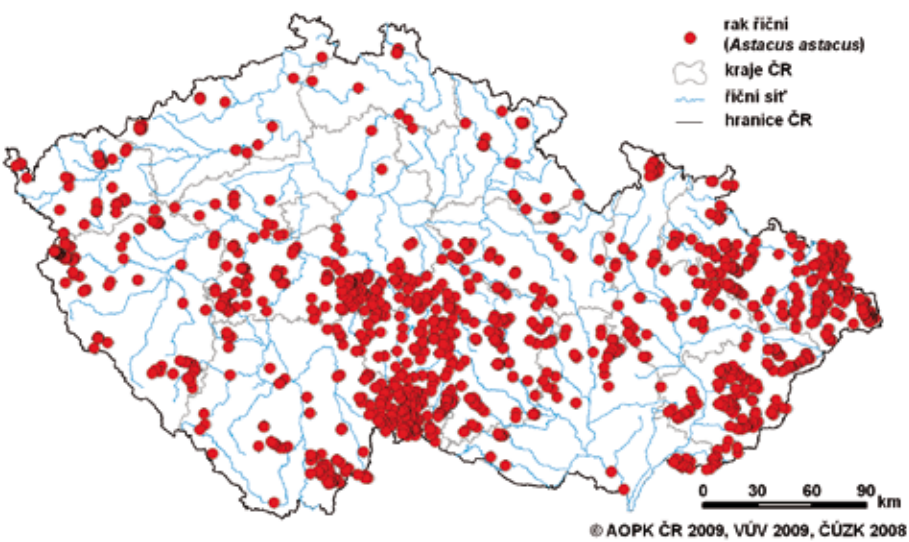
a dnes se druh v zemi nevyskytuje. V nedávné době byl introdukován i na území Anglie a Lichtenštejnska, kde je považován za nepůvodní druh. Mimo Evropu pak také na africký kontinent do Maroka, kde se úspěšně aklimatizoval (Souty-Grosset et al. 2006).

Rozšíření v ČR

Rak říční se v současnosti na našem území vyskytuje téměř rovnoměrně a je naším nejhojnějším původním druhem raka. Po oslabení jeho populací vlivem epidemií račího moru na přelomu 19. a 20. století byl následně chován a uměle vysazován na řadě lokalit. Například Štěpán (1933) zmiňuje chov raka říčního v rybnících na Českomoravské vysočině či jeho výskyt v důlních propadlinách kolem Mostu a jinde, v tzv. pinkách. Dnes je proto jen velmi těžko zjistitelné jeho přirozené rozšíření na našem území. Zejména mezi světovými válkami u nás zřejmě byli na mnoha místech nahodile vysazováni importovaní raci říční, původ většiny našich populací je tedy neznámý (Holzer 2000, Lohniský 1984b). V souvislosti s postupujícím znečištěním odpadními vodami, kanalizacemi toků a v důsledku rozvoje zemědělské velkovýroby, její chemizace a rostoucího bodového znečištění následoval výrazný úbytek raka říčního (Pecina 1979, Lohniský 1984b). Pecina (1979) druh považoval za prakticky vyhubený. Naproti tomu Lohniský (1984b) v letech 1981 - 1982 zaznamenal hojný výskyt raka říčního na řadě lokalit. Jako překvapující uvádí autor jeho nález v řece Labi, a to v úseku dlouhém necelý 1 km pod jezem v Pardubicích a vyústěním Chrudimky a Loučné. Přestože byla voda v Labi nad Pardubicemi řazena do III. až IV. třídy jakosti (tj. voda znečištěná až silně znečištěná), rak říční se v uvedeném úseku vyskytoval. Nicméně původ populace zůstává nejasný a lze se jen domnívat, zda se jedná o zbytek populace z úseku Labe zvaného „Hrčák“, ve kterém byly nalézány ještě před říční regulací druhy horských bystřin, zda rak pronikl z přítoků Chrudimky či Loučné, nebo byl později po vystavění jezu na místo vysazen (Lohniský 1984b). V rámci mapovací „Akce rak“ podává ucelenější přehled o výskytu raka říčního Holzer (2000). V rámci tohoto projektu, který vznikl v roce 1985 za podpory Českého svazu ochránců přírody ve spolupráci s Českým rybářským svazem, byla postupně zaznamenávána hlášení a v roce 2000 bylo známo celkem 500 lokalit s výskytem raků (s největším zastoupením v Severomoravském a Středočeském kraji). Z celkového počtu byl rak říční přítomen na 55 % lokalit, rak bahenní v 18 % a neurčený druh v 26 % případů (Holzer 2000). Část sporných dat z „Akce rak“ byla ověřována i v rámci celorepublikového mapování koordinovaného AOPK ČR od roku 2004 (Box 3). V současné době byl výskyt raka říčního potvrzen na 1 082 úsecích (z toho 805 v rámci mapování AOPK ČR

z 12 670 sledovaných úseků), což představuje celkem 550 lokalit, které zahrnují zejména drobné toky i větší říčky, stejně jako stojaté vody (např. rybníky, vodní nádrže, zatopené lomy).

Genetická struktura českých populací raka říčního zatím není známa. Lze předpokládat, že byla významně ovlivněna vysazováním, a to jak v období intenzivního hospodářského využívání raků ve středověku a novověku, tak po plošném šíření račího moru na přelomu 19. a 20. století, a dále koncem 20. století. Nelze však vyloučit, že v horních úsecích některých toků přežily původní populace, které umožnily po úhynech na račí mor rekolonizaci, nebo že došlo i během poměrně malého počtu generací k lokálním adaptacím vysazených raků. Dokud nebudou získána genetická data umožňující určit nejvhodnější management, bylo by proto vhodné dodržovat při případných repatriačních aktivitách s cílem podpory chráněného druhu (více kapitola 6.4.) princip předběžné opatrnosti a využívat zejména zdrojové populace raků ze shodného nebo sousedícího povodí.



Obr. 37. Rozšíření raka říčního v ČR. Podle podkladů AOPK ČR zhotovil Z. Kučera.

Ekologie a biologie

Optimální podmínky nachází rak říční především v pomaleji tekoucích potocích a říčkách s velkým množstvím přirozených úkrytů. Vysazován byl i na náhradní lokality do rybníků, zatopených lomů, pískoven a nádrží, kde často dobře přežívá a rozmnožuje se (Lohniský 1984b).

Jak vyplývá z výsledků získaných při mapování raků (Databáze AOPK ČR), přírodní charakter toků s rakem říčním ještě více zdůrazňují časté meandry nebo střídání rovných a meandrujících úseků. Břehy bývají často lemovány pásem keřové nebo stromové vegetace, jejíž kořeny zasahují do koryta. Spleť kořenů (většinou vrb nebo olší) přirozeně zpevňuje břehy a tvoří tak vhodné úkryty pro raky. V tocích s umělým opevněním břehů se rak říční vyskytuje jen sporadicky. Převážná většina zjištěných lokalit má přírodní charakter koryta. Dno toku nejčastěji pokrývají kameny a štěrk, které jsou také velmi často využívány jako vhodné úkryty jak pro raka říčního, tak i raka kamenáče. Kromě útočišť pod kořeny stromů a kameny také rak říční hloubí nory do dna nebo jílovitých břehů toků (Obr. 38) či nádrží.

Obr. 38. Potok Zátoky nad soutokem s Křibským potokem za nízkého stavu vody, nory ve břehu toku vyhloubené rakem říčním (*Astacus astacus*), 14. 8. 2009. Foto M. Štambergová.

Tok s výskytem raka říčního má obvykle charakter střídajících se rychle proudících, mělkých úseků s úseky pomalu tekoucími. V pomaleji tekoucích úsecích, které tvoří přirozené tůně, se usazuje nezetlelý organický sediment. Širší okolí toků s výskytem raka říčního (a raka kamenáče) je tvořeno nejčastěji smíšenými lesy nebo loukami, ale výjimkou není výskyt obou druhů přímo v obcích (Mourek et al. 2006). Podobnou hydromorfologii toku s výskytem raka říčního a charakter okolní krajiny uvádí i většina zahraničních autorů. Bohl (1987), který zkoumal habitat s rakem říčním a rakem kamenáčem, vyhodnotil jako nejvýznamnější na těchto lokalitách kořeny příbřežní vegetace zasahující do toku. Způsob zapojení dřevinné vegetace do koryta toku, kdy kořeny stromů zasahují do koryta, bylo rovněž při mapování raků (Databáze AOPK ČR) vyhodnoceno jako nejdůležitější na lokalitách s rakem říčním. Sint & Füreder (2004) zkoumali vliv různého habitatu, např. různý druh charakteru dna při repatriaci raků do toku. Dostupnost a druh úkrytu vyhodnotili jako důležitý faktor pro přežití raků, přičemž nejvyšší hustota populace raků byla zaznamenána na úsecích s přírodním charakterem toku a s přírodními úkryty tvořenými kameny. Charakter dna na lokalitách s výskytem raka říčního při mapování raků byl nejčastěji kamenitý nebo štěrkovitý s přírodním korytem (Databáze AOPK ČR).

Rak říční se může vyskytovat na lokalitách spolu s dalšími druhy raků. Sympatrický výskyt známe např. s rakem kamenáčem (viz kapitola 3.3.1. Ekologie a biologie). Smíšená populace raka říčního a raka bahenního byla zaznamenána Beranem (1995) v roce 1994 na potoce Pšovka v CHKO Kokořínsko. Převážná většina tamní populace raka říčního však podlehla masovému úhynu způsobenému račím morem v letech 1998 - 1999 (více viz kapitola 3.3.5. a Box 8, Beran 1995, Kozák et al. 2000a). Sympatrický výskyt raka říčního, raka kamenáče a raka bahenního na Padrťském potoce uvádí Vlach et al. (2009).

Podle Bohla (1987) je průměrná vzdálenost výskytu raka říčního od pramene 15,1 km. Rak říční preferuje 3 - 4 řád toku podle Horton-Strahlera (Horton 1945, Strahler 1957, HEIS, http://heis.vuv.cz). Nález raka říčního v České republice byl zaznamenán od 155 m n.m. na Dyji u Břeclavi do 941 m n.m. na Šumavě ve Světlohorské nádrži (Databáze AOPK ČR). Nově byl hlášen i ve výšce nad 1 000 m v požární nádrži v Kvildě na Šumavě, kam byl vysazen (J. Mourek, osobní sdělení). Bohl (1987) uvádí výskyt raka říčního ve výškovém rozmezí od 190 do 800 m n.m. Füreder & Machino (1999) zaznamenali výskyt až do nadmořské výšky 1 514 m v Rakousku v oblasti Tyrolska. Při mapování raků nebyl rak říční (ani rak kamenáč) nalezen v horských oblastech, ve vyšších nadmořských výškách nad 950 m n.m. Jednou z příčin absence raků na těchto lokalitách může

být antropogenní acidifikace toků, která po nástupu industriální éry postihovala většinu horských oblastí (Hruška et al. 2006).

Rak říční se může dožít více než 20 let. Plodnost (počet vajíček ve snůšce) se pohybuje obecně v rozmezí 90 - 260 vajíček o průměru 2,8 - 3,1 mm, jejichž počet se obvykle zvyšuje s velikostí samice (Souty-Grosset et al. 2006). Stejní autoři citují Laurenta et al. (1997), podle něhož jedinci pohlavně dospívají ve věku 16 měsíců až 5 let, při celkové délce samic 62 - 85 mm a samců 60 - 70 mm. Raci se rozmnožují s poklesem teploty v podzimních měsících, obvykle v měsících říjnu až listopadu, kdy samci přetáčí samice na záda a ukládají mezi tři poslední páry hrudních nohou samic bílé trubičkovité spermatofory. Oplodněná samice klade vajíčka na spodní část zadečku, kde jsou přichycena k pleopodům, a opatruje je až do jara následujícího roku, kdy svůj vývoj ukončují. K líhnutí ráčků dochází obvykle od května do července v závislosti na zeměpisné šířce, nadmořské výšce a teplotních podmínkách v daném roce. K prvnímu svlékání dochází po týdnu od vykulení. Druhé svlékání nastává po dvou až třech týdnech a toto 3. račí stadium o velikosti 13 - 15 mm celkové délky plně připomíná dospělce (Souty-Grosset et al. 2006). Tentýž kolektiv autorů uvádí i délkové míry juvenilních (15 - 23 mm), jednoročních (25 - 48 mm), dvouletých (50 - 80 mm) a tříletých jedinců (60 - 80 mm). Přírůstek po jednom svlékání se u dospělých samic pohybuje od 2 do 8,6 mm a u dospělých samců od 5 do 10,3 mm.

Mezi hlavními predátory druhu jsou uváděny úhoř říční (*Anguilla anguilla*), okoun říční (*Perca fluviatilis*), norek americký (*Mustela vison*), vydra říční (*Lutra lutra*) a brodiví ptáci. V některých evropských zemích jsou raci říční chováni pro konzumní účely, zejména např. ve Finsku, Švédsku (v roce 2000 odchyceno 200 tun raků říčních), Norsku (12 - 15 tun ročně) či pobaltských státech (Souty-Grosset et al. 2006).

3.3.3. Rak bahenní (*Astacus leptodactylus*)

Rozlišovací znaky druhu

Hlavohrudní krunýř je zejména po stranách silně trnitý, trny jsou před týlním švem i za ním (Obr. 39), podobně jako u raka pruhovaného. Antenální šupina není vroubkovaná. Za očima jsou přítomny dva páry postorbitálních lišt (stejně jako u raka říčního a raka signálního, Obr. 40). Rostrum je velmi dlouhé s úzkou, silně protaženou špičkou (Obr. 41).

Klepeta jsou protáhlá a úzká. S tímto znakem se však setkáme zejména v případě mohutných samců (Obr. 41), neboť drobnější samci a samice (Obr. 40)

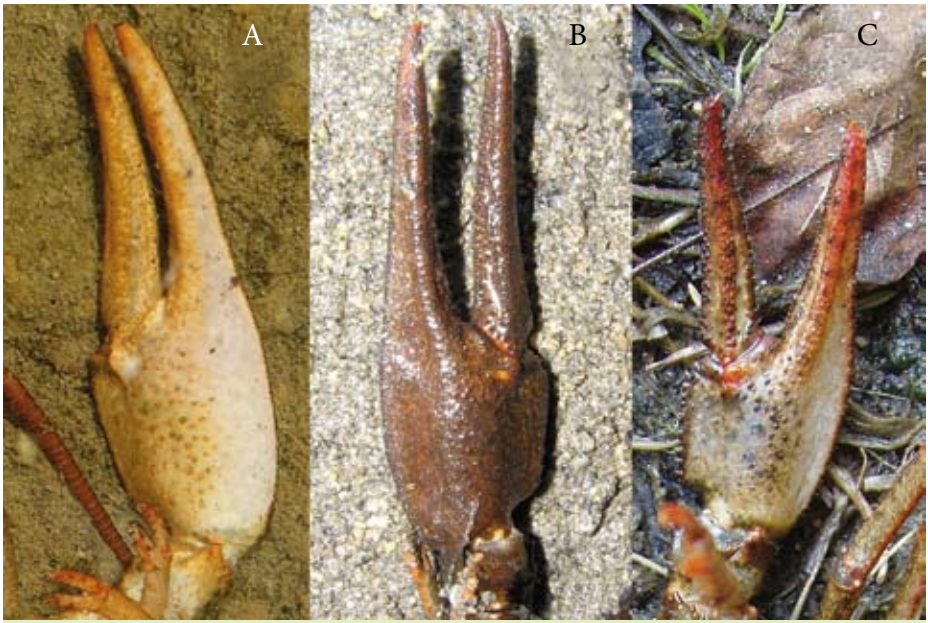
Obr. 39. Rak bahenní (*Astacus leptodactylus*), Vackův rybník, 23. 5. 2007. Nápadné je dlouhé rostrum a trny jsou přítomny před i za týlním švem (šipky).
Foto M. Štambergová.

Obr. 40. Samice raka bahenního (*Astacus leptodactylus*), Kozárovický lom (Zalužany), 18. 7. 2006. Za očima přítomny dva páry postorbitálních lišt, klepeta jsou protáhlá a úzká, menší než u samců (srv. s Obr. 41).
Foto M. Štambergová.

Obr. 41. Samec raka bahenního (*Astacus leptodactylus*), Kozárovický lom (Zalužany), 18. 7. 2006. Klepeta jsou u mohutných samců úzká a výrazně protažená. Vnitřní hrany obou prstů klepet jsou, na rozdíl od raka říčního (viz Obr. 35), až na výjimky rovné, nevykrojené a bez výraznějších hrbolků. Foto M. Štambergová.

mívají někdy klepeta protažena jen nevýrazně. Vnitřní hrany obou prstů klepet jsou, na rozdíl od raka říčního, až na výjimky rovné, nevykrojené a bez výraznějších hrbolků. Je-li klepeto zavřené, hrany obou prstů k sobě přiléhají po celé délce. Spodní strana klepet je obvykle světle žlutě nebo béžově zbarvená (Obr. 42A), což může zanikat např. pod nárostem epibiontních organismů (Obr. 42B). V některých populacích však u řady jedinců přechází světlé zbarvení směrem ke špičkám do červena (Obr. 42C).

Dorůstá obvykle 15 cm, Souty-Grosset et al. (2006) uvádějí maximální délku těla 20 cm. Zbarvení je velmi variabilní a může nabývat odstínů od zelené a šedé přes modrou až po tmavě hnědou či téměř černou.



Obr. 42. Rak bahenní (*Astacus leptodactylus*), spodní strana klepet. A, v typickém případě je spodní strana klepet raka bahenního bělavá až žlutavá. Lom Velká Amerika (CHKO Český kras). Foto D. Fischer. B, zbarvení však může zanikat pod nárostem epibiontních organismů. Račí lom u Zalužan, 22. 7. 2006. Foto J. Mourek. C, u některých jedinců jsou špičky klepet zbarveny do červena. Račí lom u Zalužan, 22. 7. 2006. Foto J. Mourek.

Rozšíření ve světě

Rak bahenní, původem pontokaspický druh, jehož původní areál leží ve východní Evropě a západní Asii s centrem v oblasti kolem Kaspického a Černého moře (Pöckl 1999), se rozšířil téměř do celé Evropy, s výjimkou např. Pyrenejského poloostrova, Norska a Švédska (Souty-Grosset et al. 2006). Areál pokrývá velkou část Ruska (západní Ural, oblast v okolí měst Novosibirsk a Tomsk), Uzbekistánu a Turkmenistánu. Na severu Ruska je rak bahenní rozšířen v povodí řeky Severní Dvina (po Archangelsk), přes oblast Petrohradu až do jižní části Finska. Jižní hranice probíhá oblastí Kaspického moře - Rusko, Kazachstán, Turkmenistán, Írán, Ázerbajdžán, Arménie (vysazen do jezera Sevan). Původní areál pravděpodobně zasahuje na západě k Bratislavě a Vídni na rakousko-slovenských hranicích, pokračuje do JV Polska a západní Ukrajiny až do historické

oblasti zvané Halič. Právě z této oblasti, jak už mnoho evropských názvů raka bahenního naznačuje (např. angl. Galician Crayfish, dánsky Galizisk sumpkrebs, něm. Galizierkrebs, ital. gambero di Galizia), zřejmě pochází zdroj raků určených k introdukcím v 19. století, kdy nastala první vlna přenosů. Vzhledem k mylným představám rybářů, že je rak bahenní imunní proti račímu moru, byli jedinci vysazováni jako náhrada za morem vyhubené raky říční. Raci bahenní byli introdukováni do vod západního Polska a Německa, Litvy, Lotyšska, Rakouska (ve východní části je zřejmě původní), České republiky a nejspíš i Slovenska. V Belgii byl druh poprvé zaznamenán v roce 1950. Rak bahenní je považován za původní v Bělorusku, Chorvatsku, Moldávii, Rumunsku, Bulharsku, Turecku, Maďarsku, Srbsku, Řecku, Bosně-Hercegovině, Slovensku a pravděpodobně i Rakousku (Souty-Grosset et al. 2006). Pöckl (1999) jej ve své studii považuje v Rakousku za nepůvodní druh, který byl do země introdukován v roce 1891, v následující práci již není vyloučen jeho původní výskyt ve východní části Rakouska poblíž hranic s Maďarskem a Slovenskem (Pöckl & Pekny 2002). Druhá vlna introdukcí pro komerční účely probíhala v 70. letech 20. století z Turecka a Polska a následně v 80. letech z Turecka do Dánska, Holandska, Lucemburska, Francie, Itálie, Švýcarska, Anglie a neúspěšně Španělska. Dnes je druh znám ze 30 zemí (Souty-Grosset et al. 2006).

Rozšíření v ČR

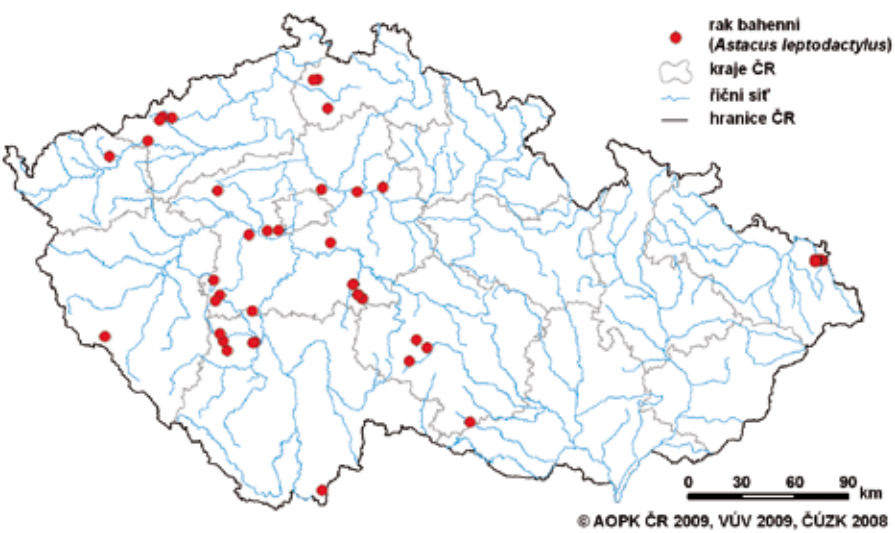
Rak bahenní byl u nás vysazován jako náhrada za vyhynulé populace raků říčních (Pecina 1979) a obecně je v literatuře u nás považován za nepůvodní druh. Introdukovaní jedinci pocházeli z východní Haliče z oblasti u Podvoločisky (Štěpán 1932, 1933, Souty-Grosset et al. 2006) a roku 1892 byli vysazeni na Mladoboleslavsku do rybníků u Loučeně (Štěpán 1932, 1933). Autor zmiňuje výskyt druhu i v oblasti mezi Sedlicí a Bratronicemi na Blatensku a kolem Drahenic na Příbramsku. Rak bahenní byl často chován a uměle šířen na řadu dalších lokalit, např. do oblasti Táborska (Chotoviny), Blanska (Lažany), do Lišna a Nebřenic, Hluboké nad Vltavou a Nových Hradů (Štěpán 1934). Lohniský (1984b) zmiňuje výskyt raka bahenního v severovýchodních Čechách v rybniční oblasti u Kopidlna (Komárkovský rybník u Nouzova, Zámecký rybník v Kopidlně a přilehlých tocích) a v rybnících v Řepích u Prahy. Izolovaně byl zaznamenán i na severní Moravě v oblasti Karvinska, kde žije v početných populacích v důlních odkalištích a jim podobných biotopech v Ostravsko-karvinském černouhelném revíru (Dolný & Ďuriš 2001). Mourek et al. (2006) přichází s úvahou nad původem raka bahenního na našem území a domněnkou o jeho možném přirozeném výskytu v jihovýchodní části České republiky.

Zjevně byl druh introdukován na několik míst, jak je uvedeno výše, nicméně je zajímavý jeho původní výskyt v okolních státech na Slovensku (Hudec 1994, Skurdal & Taugbøl 2002) a zřejmě i ve východní části Rakouska (Pöckl & Pekny 2002). Naproti tomu však nutno dodat, že výskyt raka bahenního v oblasti jižní Moravy není recentně potvrzen.

V současné době se rak bahenní u nás vyskytuje ostrůvkovitě na omezeném počtu asi 40 známých lokalit zejména středních a severních Čech, jejichž přehled podává Horká (2006). Vzhledem k tomu, že v rámci mapování AOPK ČR (Box 3) byl oproti podrobnému průzkumu malých vodních toků sledován pouze malý vzorek stojatých vod (coby biotopů vhodných pro raka bahenního), můžeme usuzovat, že je ve skutečnosti na našem území lokalit s tímto druhem více.

Ekologie a biologie

Rak bahenní je znám ze sladkých i brakických vod (Souty-Grosset et al. 2006). Obývá mělká i hluboká jezera (znám i z hloubky 50 m), řeky a potoky s nejrůznějším substrátem v korytě. Vzhledem ke zvýšené denní aktivitě oproti např. raku říčnímu nepředstavují úkryty pro raka bahenního tak důležitý parametr lokality



Obr. 43. Rozšíření raka bahenního v ČR. Podle podkladů AOPK ČR zhotovil Z. Kučera.

(Skurdal & Taugbøl 2002). Obdobně uvádí i Štěpán (1932), že si rak bahenní nevytváří na rozdíl od raka říčního v rybnících úkryty v hrázích, ale žije spíše při povrchu bahna a v litorální vegetaci. Na našem území se v současnosti vyskytuje ostrůvkovitě na omezeném počtu lokalit zahrnujících zejména zatopené lomy (Obr. 44, Policar & Kozák 2000), rybníky (Obr. 45), méně pak tekoucí vody. Početné populace druhu však byly prokázány rovněž v důlních odkalištích a jim podobných biotopech v Ostravsko-karvinském černouhelném revíru (Dolný & Ďuriš 2001). Autoři poukazují na velmi silné znečištění vody minerálními látkami v jedné z rakem bahenním obývaných lokalit (kaliště Pilňok), kde od 60. let 20. století docházelo k ukládání elektrárenských popílků a později i mocné vrstvy uhelných kalů. Extrémně tmavá voda v nádrži je silně zkalená, průhlednost nepřesahuje 20 cm, obsah rozpuštěných látek je velmi vysoký (vodivost 1 652 µS. cm^{-1}) a podle ČSN je hodnocena jako nejhorší V. třídou jakosti (voda velmi silně znečištěná). Přesto zde byla zaznamenána velmi silná populace raků bahenních v roce 2000. Jediným negativním znakem byl poměrně častý výskyt morfologické odchylky u samic, kterým se vyvinul 1. pár zadečkových nožek shodně jako kopulační nožky u samců, nicméně odchylka byla ve značně menší míře zaznamenána i na jiných lokalitách s čistou vodou a plodnost samic ani v kališti Pilňok nebyla negativně ovlivněna (Dolný & Ďuriš 2001).

Obr. 44. Kozárovický lom (Zalužany), 18. 7. 2006. Lokalita výskytu populace raka bahenního (*Astacus leptodactylus*).
Foto M. Štambergová.

Obr. 45. Vackův rybník, 23. 5. 2007. Další příklad stojatých vod, které jsou typickým biotopem raka bahenního (*Astacus leptodactylus*). Foto M. Štambergová.

Rak bahenní je ze všech původních evropských druhů nejméně náročným na nízký obsah kyslíku (dočasný pokles na 2 $mg.l^{-1}$), zakalení vody a změny teploty (4 - 32 °C) i salinity (4 - 14 ppt *), vykazuje denní aktivitu a je aktivní i v zimě (Skurdal & Taugbøl 2002, Souty-Grosset et al. 2006). Podle Štěpána (1932) roste rak bahenní v našich rybnících rychleji než rak říční. To vše společně s vysokou plodností a vyšší rychlostí růstu oproti ostatním evropským druhům nasvědčuje tomu, že má daleko vyšší schopnosti jim konkurovat (Souty-Grosset et al. 2006). Přesto známe případy společného výskytu s rakem říčním, případně rakem kamenáčem (viz kapitoly 3.3.1. a 3.3.2. Ekologie a biologie). Koexistence s rakem říčním byla potvrzena i v jiných evropských státech, např. ve Švýcarsku a Lucembursku (Souty-Grosset et al. 2006).

* ppt - parts per trilion, čili počet částic na jeden bilion

Délka života raka bahenního není přesně známa, nicméně se soudí, že se může dožívat více než pěti let. Jedinci pohlavně dospívají ve věku 2 až 3 let (Souty-Grosset et al. 2006). Štěpán (1934) dokonce uvádí, že se již u samiček 16, nejvýše 17 měsíců starých objevila vajíčka. Skurdal & Taugbøl (2002) uvádí velikost dospělých jedinců, která se může lišit mezi lokalitami, od 7,5 do 8,5 cm celkové délky. Počet vajíček souvisí s velikostí samice. Obvyklý počet vajíček v jedné snůšce je 200 - 400, nicméně byly nalezeny i samičky se 700 - 800 vajíčky. K rozmnožování dochází od podzimu do jara v závislosti na lokalizaci, např. v Turecku během října a listopadu, ve Švýcarsku a Bělorusku v listopadu až prosinci (dokonce i déle) a na Ukrajině jsou kromě populací rozmnožujících se na podzim známy i případy populací rozmnožujících se v průběhu února a března. Samičky v jižních oblastech nosí vajíčka 5 až 6 měsíců oproti 6 až 8 měsícům u populací na severu. Většinou však u evropských populací dochází ke kladení vajíček v průběhu zimy a k líhnutí ráčat v období na konci května. V některých oblastech může trvat až do konce června, výjimečně července (Skurdal & Taugbøl 2002, Souty-Grosset et al. 2006).

Mezi hlavními rybími predátory druhu jsou uváděny štika obecná (*Esox lucius*), sumec velký (*Silurus glanis*), úhoř říční (*Anguilla anguilla*) a okoun říční (*Perca fluviatilis*). Ze savců pak vydra říční (*Lutra lutra*) a norek americký (*Mustela vison*). Jako součást jídelníčku je rak bahenní velmi oblíbený na jihu evropské části Ruska, kde je odhadována spotřeba 0,4 kg raků na osobu a rok. Dále na Ukrajině a hojně je loven např. i v oblasti Kaspického moře. Jako poměrně masivní druh raka je také často a snadno chován, neboť se lehce přizpůsobuje rozdílným podmínkám prostředí (Souty-Grosset et al. 2006).

3.3.4. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus*)

Rozlišovací znaky druhu

Hlavohrudní krunýř je stejně jako klepeta na povrchu hladký, bez trnů (Obr. 46, 47). Za očima jsou přítomny dva páry postorbitálních lišt (stejně jako u raka říčního a raka bahenního). Zadní pár lišt u raka signálního však může být často poměrně nevýrazný (Fischer, Štambergová, Moravec nepublikováno). Rostrum je poměrně dlouhé a ostře špičaté.

Klepeta jsou mohutná a široká, s hladkým povrchem na spodní i vrchní straně. U spojení pevného a pohyblivého prstu klepete bývá na svrchní straně nápadná výrazně bílá či namodralá (až tyrkysová) skvrna - tzv. **„signální skvrna“** (odtud i druhový název). U některých jedinců je signální skvrna jen velmi slabě vyvinuta (Obr. 49). Spitzy (1973) popisuje jedince zalézajícího do nory s velmi

Obr. 46. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus*), Šípský potok (Martinice), 3. 7. 2009. Povrch hlavohrudního krunýře je hladký, bez přítomnosti trnů. Za očima jsou přítomny dva páry postorbitálních lišt, přičemž druhý pár může být poměrně nevýrazný. Klepeta mají nápadnou signální skvrnu. Foto M. Štambergová.

nápadnými skvrnami na klepetech, která připomínala svým zbarvením oči většího zvířete. Zřejmě se jedná o příklad mimikry, čím dále jsou klepeta od sebe, tím se zvíře jeví větší. Spodní strana klepet je intenzivně červeně zbarvená (Obr. 50).

Samci dorůstají 16 cm, zatímco samice 12 cm. Výjimečně se vyskytují i větší jedinci.

Juvenilní či adultní jedince tohoto druhu lze snadno zaměnit s rakem říčním, nicméně bezpečně jej poznáme podle naprosto hladkého povrchu klepet a karapaxu (Obr. 46, 47, 49).

Obr. 47. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus*), potok Bobrava, 10. 7. 2009. Povrch hlavohrudního krunýře je hladký, bez přítomnosti trnů. Za očima jsou přítomny dva páry postorbitálních lišt (šipky), rostrum je protažené. Klepeta mají nápadnou signální skvrnu. Foto M. Štambergová.

Obr. 48. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus*), potok Kouba u obce Sruby, 27. 7. 2006. Variabilita ve zbarvení odchycených jedinců. Foto M. Štambergová.

Obr. 49. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus*), potok Kouba u obce Sruby, 10. 10. 2008. Signální skvrna na klepetech je jen velmi slabě vyvinuta. Foto M. Štambergová.

Obr. 50. Samec raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), Šípský potok (Martinice), 3. 7. 2009. Spodní strana klepet je červeně zbarvená. Foto M. Štambergová.

Obr. 51. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) v obranné pozici, potok Bobrava, 10. 7. 2009. Foto M. Štambergová.

Rozšíření ve světě

Přirozeně se rak signální vyskytuje v chladnějších oblastech na severozápadě USA a jihozápadě Kanady (Henttonen & Huner 1999). Podle Souty-Grosset et al. (2006) obývá druh ve státě Washington (řeka Columbia a zátoka Puget Sound) biotopy od malých potoků po velké řeky a jezera pobřežního až podhorského pásma. Přežívá rovněž v brakických vodách. Areál druhu zasahuje na severu do Britské Kolumbie, východní hranice probíhá Utahem. Na jih zasahuje do Kalifornie, kam bylo velké množství jedinců druhu zřejmě poprvé dopraveno roku 1912 z řeky Columbia ve Washingtonu, a úspěšně se uchytili zejména na severu státu (Goldman 1973). Druh byl kromě USA introdukován i do Evropy a Japonska (Hiruta 1996, Souty-Grosset et al. 2006).

Z povodí několika kalifornských řek (Natoma River, American River a Sacramento River) byl malý počet raků signálních roku 1959 introdukován do Švédska. V roce 1960 byli vypuštěni v rámci pokusu o nahrazení vyhynulých populací raků říčních, neboť právě raci signální byli považováni za ekologicky i gastronomicky homologní druh. Introdukční proces se vydařil a byl následován dalšími (Souty-Grosset et al. 2006). Koncem 60. a začátkem 70. let byli raci signální z jezera Tahoe převezeni na několik míst do Rakouska (Spitzy 1973), v letech 1967 - 1968 byli rovněž raci signální v počtu 3 000 jedinců introdukováni z kalifornských jezer Hennessey a Tahoe do Finska a tamní populace byly následně posíleny i v líhni odchovanými jedinci ze Švédska (Westman 1973, Souty-Grosset et al. 2006). Spitzy (1973) zmiňuje převoz 7 000 jedinců do západního Německa, 4 000 jedinců do Lucemburska a 20 000 jedinců do Rakouska. V rámci dalších introdukcí (z původního areálu nebo sekundárních) nebo samovolného šíření či úniků se rak signální rozšířil např. do Francie, Slovinska, Polska, Anglie, Řecka, Norska (Souty-Grosset et al. 2006, Johnsen et al. 2007). Dnes je druh znám z 24 zemí a je tak nejrozšířenějším nepůvodním druhem v Evropě. Nejvíce je druh zastoupen ve střední Evropě, Skandinávii (např. ve Švédsku asi 3 000 lokalit), Španělsku a Velké Británii (Souty-Grosset et al. 2006). V roce 2006 byl nově objeven i na Slovensku v řece Moravě (Petrusek & Petrusková 2007).

Rozšíření v ČR

Na naše území byli jedinci raka signálního pocházející ze Švédska poprvé introdukováni v roce 1980. Konkrétní místa vysazení těchto raků se podle autorů různí. Holzer (1987) zmiňuje jako místo vysazení okolí Hradce Králové. Policar & Kozák (2000) a Filipová et al. (2006c) uvádí dovoz 1 000 juvenilních ráčků a jejich vysazení na čtyřech lokalitách: rybník Spustík u Velkého Meziříčí (400 ks), rybník u obce Čáslavice na Třebíčsku (300 ks), rybník Skříňka u Velké Bíteše (150 ks) a odstavené rameno řeky Jihlavy u Alexovic (Ivančice). Druh se z uvedených lokalit úspěšně uchytil v rybníce Spustík, odkud byl později loven a vysazován na další místa v ČR (Holzer 1987, Policar & Kozák 2000), a v rybníce u Čáslavic.

V současné době je rak signální znám z několika lokalit, většinou na jihu a jihovýchodě země (Obr. 55). Úspěšně se aklimatizoval v oblasti kolem Velkého Meziříčí, kde se vyskytuje v celé soustavě rybníků (Filipová et al. 2006c) i v potocích. Jeho výskyt je potvrzen z toků Babačka (Obr. 52) a Šípský potok a z rybníků u Kozlova a Křižanova (Nad tratí, Stržek a Spustík). Druh je potvrzen i v retenční nádrži u obce Lubná u Kroměříže (vysazen r. 1988), v rybníce u obce Lomy u Jindřichova Hradce (vysazen r. 1990, výskyt potvrzen r. 2002,

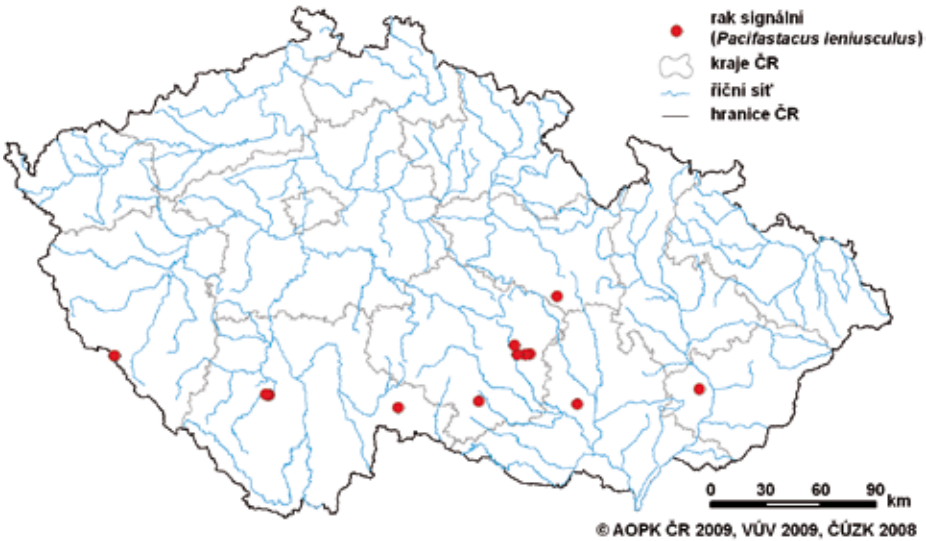
v posledních letech nenalezen), v pokusném areálu Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech (introdukován r. 1990), v řece Blanici ve Vodňanech a v rybnících Rybářství Litomyšl u obce Jedlová (Policar & Kozák 2000, Filipová et al. 2006c). Při celorepublikovém mapování byla zjištěna v roce 2004 rovněž další lokalita na jižní Moravě (potok Bobrava - přítok Svratky, Obr. 53). Silná populace se nachází také v západních Čechách, a to v hraničním toku Kouba u obce Sruby na Domažlicku (Obr. 54).

Mezi neověřené lokality, na které byl druh vysazen v letech 1987 - 1990, patří rybník u obce Chvalatice na Znojemsku a blíže neurčená lokalita u Rosic u Brna (Policar & Kozák 2000).

Obr. 52. Lokalita raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), potok Babačka za vysokého stavu vody při povodni, 3. 7. 2009. Foto M. Štambergová.

Obr. 53. Lokalita raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), potok Bobrava, 10. 7. 2009. Foto M. Štambergová.

Obr. 54. Lokalita raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), hraniční potok Kouba v západních Čechách, 10. 10. 2008. Foto M. Štambergová.



Obr. 55. Rozšíření raka signálního v ČR. Podle podkladů AOPK ČR zhotovil Z. Kučera.

Ekologie a biologie

Ve své domovině v Severní Americe rak signální obývá nejrůznější typy biotopů od malých potoků po velké řeky a jezera. V Evropě osidluje obdobné biotopy jako původní evropské druhy, zejména jako rak říční (Souty-Grosset et al. 2006), v našich podmínkách jej známe především z potoků a rybníků. Na rozdíl od severoamerických populací si evropští raci signální na některých lokalitách hloubí nory (Souty-Grosset et al. 2006). Příkladem tohoto jevu u nás mohou být nory v jílovitém břehu Šípského potoka u Velkého Meziříčí.

Podle Souty-Grosset et al. (2006) je rak signální velmi aktivní a migruje stejně dobře jak po proudu, tak i proti proudu toku. Je schopen pohybovat se i po souši za účelem překonání překážek v toku. I přesto je zjištěná rychlost kolonizace poměrně malá, činí přibližně 1 km/rok. V porovnání s většinou původních evropských druhů je rak signální více tolerantní k nepříznivým podmínkám prostředí. Obzvlášť dobře snáší brakickou vodu a je tolerantní k vysoké teplotě (Pöckl et al. 2006). Nevyskytuje se ve vodách s pH nižším než 6,0. Rak signální rovněž vydrží dlouhou dobu bez vody (ve vlhkých norách

Obr. 56. Samice raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) s vajíčky, potok Kouba, 10. 10. 2008. Foto M. Štambergová.

či v jiném úkrytu). Vyžaduje poměrně vysoký obsah kyslíku. I podle studií tohoto druhu v jezeře Tahoe je rozšíření a hustota populací vysoce závislá na teplotě, obsahu kyslíku, stupni eutrofizace (upřednostňuje oligotrofní až mezotrofní vody) a typu substrátu (středně velké kameny podporují vyšší hustoty) (Goldman 1973).

Na některých lokalitách se může vyskytovat společně s původními druhy evropských raků, ale většinou je svou větší schopností konkurence vytlačí (Souty-Grosset et al. 2006). Stejně jako rak pruhovaný je tento agresivní druh přenašečem onemocnění zvaného račí mor, které je pro naše druhy smrtelné, a pokud se nakažení raci signální dostanou do kontaktu s populacemi evropských druhů, dochází k přenosu choroby a masovým úhynům původních druhů (Söderhäll & Cerenius 1999, Filipová et al. 2006c). Jsou však známy

i případy dlouholeté koexistence raka signálního s rakem říčním na jedné lokalitě (např. rybníky Rybářství Litomyšl u obce Jedlová, rybník Nový u obce Čáslavice, více viz kapitola 6.2.5.). Tyto populace raků signálních nejsou obvykle nakaženy původcem račího moru nebo je nákaza velmi slabá.

Odhaduje se, že se rak signální může dožívat až přes 20 let. Z vajíček vykulení ráčci se zdržují u samiček po tři stadia a posléze se postupně osamostatňují. Juvenilní stadia se svlékají až 11x během prvního roku, ve 3 letech už pouze 2x za rok a ve věku od 4 let již jen jednou ročně. Raci signální dosahují vysoké růstové rychlosti i celkové velikosti. Pohlavně dospívají ve věku 2 až 3 let při celkové délce 6 - 9 cm, nicméně jsou známy případy dospělosti ve stáří jednoho roku. V průběhu října většinou dochází k rozmnožování a kladení vajíček (Obr. 56), z nichž se malí ráčci líhnou obvykle od konce března do konce července podle zeměpisné šířky a teploty. Plodnost se pohybuje většinou v počtech 200 - 400 vajíček ve snůšce, ale byly zaznamenány samice i s více než 500 vajíčky. Nedávno bylo prokázáno, že dospělé samičky uvolňují v období rozmnožování pohlavní feromon, který stimuluje u samců sexuální chování (dvoření, pářící chování) (Souty-Grosset et al. 2006).

Mezi hlavní predátory druhu patří kromě ryb i např. vydry, norek americký (*Mustela vison*) a mýval severní (*Procyon lotor*), volavky a ledňáčci (Souty-Grosset et al. 2006).

3.3.5. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*)

Rozlišovací znaky druhu

Karapax je na povrchu poměrně hladký, nicméně po stranách hlavohrudi s nápadnými ostrými trny v oblasti týlního švu (odtud i anglický název druhu: Spiny-cheek Crayfish, Obr. 57, 58, 66). Za očima je přítomen pouze jeden pár výrazně vystouplých a z obou stran ostře ohraničených postorbitálních lišt. Na svrchní straně zadečkových článků jsou nápadné cihlově až hnědočerveně zbarvené příčné pruhy, které se v některých případech mohou rozpadat spíše do jednotlivých skvrn (Obr. 57, 59). Pro správné určení druhu je třeba dát pozor i na jedince porostlé řasami či s nánosem nečistot, neboť proužky na zadečkových článcích v takových případech rovněž nemusí být na první pohled příliš zřetelné (Obr. 60). Rostrum je poměrně dlouhé a ostře špičaté.

Klepeta jsou poměrně drobná s oranžovými špičkami (Obr. 59) lemovanými tmavým proužkem. Na spodní straně jsou světle zbarvená. Na končetině nesoucí klepeto jsou na dvou článcích na vnitřní straně výrazné trny. Na bázi 3. páru

Obr. 57. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), pískovna u Provodína, 13. 9. 2004. Po stranách karapaxu jsou nápadné ostré trny v oblasti týlního švu. Klepeta jsou poměrně drobná s oranžovými špičkami. Na zadečkových článcích jsou dobře vidět výrazné příčné červenohnědé pruhy. Foto M. Štambergová.

pereopodů samce je výrazný hákovitý výrůstek (Obr. 61B) k přidržení samice při kopulaci. Na břišní straně samice mezi posledními dvěma páry kráčivých nohou je nepárový otvor (Obr. 61C) do tzv. semenné schránky (*annulus ventralis*), která bývá u pohlavně dospělých jedinců zrohovatělá a kam samec při páření ukládá sperma.

Rak pruhovaný dorůstá nejvýše 12 cm, většina jedinců je však výrazně menších.

Rozšíření ve světě

Rak pruhovaný je rozšířen ve východní části Severní Ameriky ve státech Québec, New Brunswick, Vermont, Massachusetts, Rhode Island, New Jersey,

Obr. 58. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), pískovna u Provodína, 13. 9. 2004. Detail hlavohrudi. Dobře vidět jsou ostré trny po stranách karapaxu, jeden pár postorbitálních lišt a ostře špičaté rostrum. Foto M. Štambergová.

New York, Connecticut, Delaware, District of Columbia, Maryland, Pennsylvania, Virginia a West Virginia. Druh byl introdukován do států New Hampshire a Maine (Hamr 2002, Souty-Grosset et al. 2006).

V roce 1937 byl poprvé introdukován do Maroka, avšak pokus se nezdařil, načež následovaly další, již úspěšné pokusy v následujících letech (Souty-Grosset et al. 2006).

Do Evropy byli raci pruhovaní poprvé převezeni roku 1890 jako náhrada za původní druhy hynoucí v důsledku račího moru. Přibližně sto jedinců pocházejících zřejmě z oblasti řeky Delaware v Pennsylvánii (USA) bylo introdukováno do rybníka o velikosti 0,1 ha v obci Barnowko v dnešním Polsku nedaleko německých hranic. O pět let později odtud byli raci introdukováni

Obr. 59. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), Konopišťský potok (Poříčí nad Sázavou), 10. 6. 2008. A, po stranách karapaxu jsou nápadné ostré trny v oblasti týlního švu, rostrum je ostře špičaté. Na zadečkových článcích jsou patrné výrazné rezavé skvrny. B, klepeta jsou poměrně drobná s oranžovými špičkami. Foto M. Štambergová.

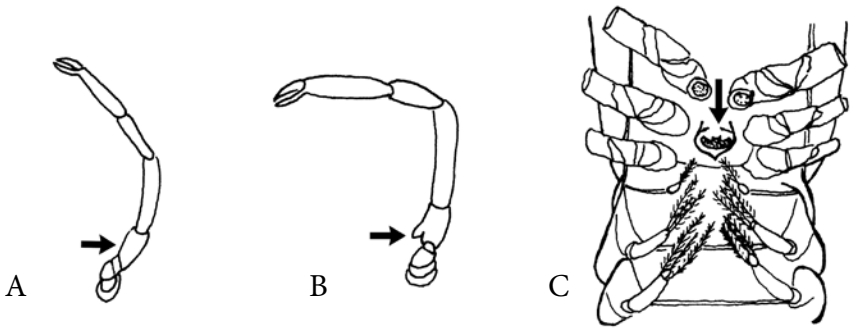
do řeky Havel u Postupimi (Německo) a i do dalších oblastí v Polsku. Rovněž proběhl další introdukční pokus s raky převezenými z New Yorku do Francie, avšak s neúspěšným výsledkem. Zdárně se vydařily introdukce v rámci Evropy proběhnuvší později do Francie a Polska, úspěšné byly i sekundární introdukce do Rakouska, Německa a Francie (Henttonen & Huner 1999, Souty-Grosset et al. 2006). V posledních 10 letech invadoval druh z Polska do Běloruska, v roce 2002 byl nalezen v Srbsku a rovněž byl potvrzen na Korsice (Souty-Grosset et al. 2006). Rak pruhovaný byl v roce 2003 potvrzen i na území Chorvatska (Maguire & Gottstein-Matočec 2004). Z dalších států je znám z území Švýcarska, Maďarska, Lucemburska, Holandska, Belgie, Itálie, Litvy, západního Ruska, An-

Obr. 60. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), vodní nádrž Kořensko, 26. 4. 2004. Na jedinci pokrytém vrstvou sedimentu není zřetelné zbarvení zadečkových článků a pro správné určení je třeba zaměřit se i na další určovací znaky. Foto M. Štambergová.

glie a zřejmě i Ukrajiny (Filipová et al. 2006a). Druh se v posledních letech šíří stále dál, v roce 2007 byl poprvé zaznamenán na Slovensku (Janský & Kautman 2007), kde byl o rok později znovu potvrzen (Puky 2009). Rak pruhovaný pronikl rovněž do Rumunska, kde byl v roce 2008 poprvé zaznamenán v řece Dunaji (Pârvulescu et al. 2009).

Rozšíření v ČR

Rak pruhovaný byl na našem území poprvé odchycen Hajerem (1989) u Ústí nad Labem v roce 1988, i když tentýž autor pozoroval na lokalitě raky již dříve. Pravděpodobně zde druh žil již v 60. letech 20. století v oblasti Štětí (Matouš 1995, Petrusek et al. 2006). Lohniský (1984b) cituje práci Scribaniho (1913), podle jehož byl na našem území pokusně vysazován již dříve, ale neudržel se.



Obr. 61. Vybrané identifikační znaky raka říčního a raka pruhovaného. A, rak říční (*Astacus astacus*), kráčivá noha třetího páru samce bez hákovitého výběžku na bázi (šipka). B, rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), kráčivá noha třetího páru samce s hákovitým výběžkem na bázi (šipka). C, rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), břišní strana samice na rozhraní hlavohrudi a zadečku. Mezi čtvrtým a pátým párem pereopodů je nepárový otvor do semenné schránky (šipka). Podle Grunera (1992) upravil J. Mourek.

Výskyt raka pruhovaného byl hlášen z našeho území i v rámci dotazníkové „Akce rak“ (Holzer 1987), autor však neuvádí konkrétní lokalitu.

Hajer (1994) zmiňuje dvě možné cesty, kterými rak pruhovaný pronikl na naše území. Jednak z Německa po řece Labi, což dokladují nálezy z té doby, a jako druhou možnost uvádí povodí řeky Odry (Hajer 1994). Labem se rak pruhovaný šířil dále proti proudu a celé povodí řeky představuje i hlavní centrum rozšíření druhu. V současné době se vyskytuje prakticky souvisle od Hřenska po Pardubice (v menších hustotách zřejmě i dále proti proudu) a v řadě labských přítoků. Izolovaný výskyt byl zaznamenán rovněž v Labi v Jaroměři a v Úpě a Metuji, nicméně ve všech případech se pravděpodobně jedná o záměrně vysazenou populaci (Petrusek et al. 2006). Z dalších velkých řek byl výskyt raka pruhovaného prokázán v Ohři, Vltavě (od soutoku s Labem přerušovaně až po České Budějovice), Jizeře, Mrlině, Cidlině, Doubravě a rovněž v přítocích Vltavy, Otavě, Lužnici, Sázavě a Malši, a to zejména ve spodních partiích vyjmenovaných řek. Druh není vázán pouze na velké toky, můžeme se s ním setkat i v drobných vodotečích, ve kterých se drží spíše při ústí a jak se zdá, neproniká daleko proti proudu (Obr. 62). Raka pruhovaného známe i z mnoha stojatých vod (Obr. 63, 64). Do rybníků, zatopených lomů,

pískoven a dalších nádrží někdy bývá (zřejmě rybáři a potápěči) záměrně vysazován (Filipová et al. 2006b, Petrusek et al. 2006).

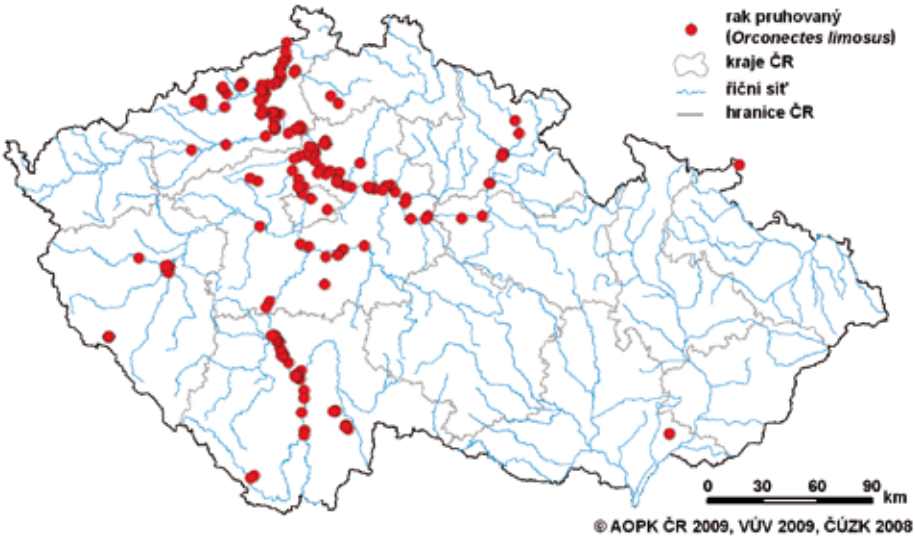
Druh byl nově zjištěn v údolní nádrži Lipno, přičemž tato lokalita představuje nejjižnější výskyt druhu u nás a zároveň je nejvýše položenou (725 m n.m.) s výskytem raka pruhovaného (Beran & Petrusek 2006). Ve stejném roce 2006 byl druh objeven i v povodí řeky Odry (tok Prudník na Osoblažsku) na hranici s Polskem ve Slezsku a jedná se o první potvrzený nález na severní Moravě (Ďuriš & Horká 2007). Na jižní Moravě byl nově výskyt druhu hlášen J. Kutným z lokality Vracovský rybník v povodí Moravy na Hodonínsku (Anonymus 2008a).

Ekologie a biologie

Obr. 62. Příklad lokality raka pruhovaného (*Orconectes limosus*), Konopišťský potok (Poříčí nad Sázavou), 10. 6. 2008. Foto M. Štambergová.

Obr. 63. Lokalita s výskytem raka pruhovaného (*Orconectes limosus*), pískovna u Provodína, 13. 9. 2004. Foto M. Štambergová.

Obr. 64. Lokalita s výskytem raka pruhovaného (*Orconectes limosus*), vodní nádrž Kořensko, 26. 4. 2004. Foto M. Štambergová.



Obr. 65. Rozšíření raka pruhovaného v ČR. Podle podkladů AOPK ČR zhotovil Z. Kučera.

Rak pruhovaný je přizpůsoben životu v tekoucích i stojatých vodách (Henttonen & Huner 1999). Řeky, ve kterých se nachází, bývají regulované, nemeandrující s pomalu tekoucí vodou. Břehy jsou často zpevněné volně loženými kameny nebo kamenným záhozem. Mezery mezi kameny tvoří prostory, které jsou využívány jako úkryty. Raku pruhovanému se rovněž daří na lokalitách s bahnitým nebo jílovitým dnem. V Anglii bylo potvrzeno, že si druh dokáže hloubit rozsáhlé nory (Holdich & Black 2007). Spitzy (1973) se zmiňuje o raku pruhovaném jako o račím druhu budoucnosti, který vyžaduje teplejší eutrofizované vody a dokáže přežívat ve znečištěných jezerech a řekách. Tento agresivní druh relativně dobře odolává znečištění vody i změnám prostředí, zejména zvýšené teplotě a snížené koncentraci kyslíku (Lindqvist & Huner 1999). Nevadí mu zákal vody a bahnitý substrát. Přežívá i v brakické vodě a zvládne i vyschnutí biotopu až na několik týdnů (Souty-Grosset et al. 2006).

Toky obývané rakem pruhovaným protékají často industriální, zastavěnou krajinou (Databáze AOPK ČR). Rak pruhovaný preferuje toky 8 řádu (Vltava, Labe) podle Horton-Strahlera (Horton 1945, Strahler 1957, HEIS, http://heis.vuv.cz). Druh byl nalezen také v mnoha větších přítocích těchto řek, které jsou

7 řádu (Sázava) nebo 6 řádu (Ohře, Mrlina, Metuje, Úpa). Ze současných výsledků mapování výskytu raka pruhovaného na území naší republiky vyplývá, že se kromě velkých řek zdržuje také v ústí menších potoků. Neproniká však příliš daleko proti proudu těchto toků (Petrusek et al. 2006). Většinou se jedná o toky 3 až 4 řádu podle Horton-Strahlera (Pšovka, Luční potok). Výškové rozpětí lokalit, ve kterých byl rak pruhovaný v ČR nalezen, je mezi 120 m n.m. na Labi v Hřensku a 725 m n.m. v údolní nádrži Lipno.

Stejně jako rak signální je i rak pruhovaný přenašečem onemocnění zvaného račí mor, které je pro naše druhy smrtelné, a pokud se nakažení raci pruhovaní dostanou do kontaktu s populacemi evropských druhů, dochází k přenosu choroby a masovým úhynům našich raků (Filipová et al. 2006a). Na některých lokalitách se společně může vyskytovat s původními druhy evropských raků, ale většinou je v důsledku větší schopnosti konkurence a možnosti přenosu račího moru vytlačí a přebírá jejich stanoviště (Souty-Grosset et al. 2006). U nás je takovým příkladem s největší pravděpodobností i lokalita Prudník na Osoblažsku. V době objevení raka pruhovaného byly na lokalitě nalezeny i nory v jílovitých březích svědčící o nedávné přítomnosti raka říčního, který se však zde již nevyskytuje, a zároveň byla u všech odchycených raků pruhovaných prokázána infekce patogenem račího moru (Ďuriš & Horká 2007, Kozubíková et al. 2008). Obdobným příkladem je potok Pšovka v CHKO Křivoklátsko (viz Box 8).

Obr. 66. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), Vltava, srpen 2009. Již anglický název druhu (Spiny-cheek Crayfish, volně přeloženo rak s trnitými lícemi, rak „trnolící“) upozorňuje na jeden z charakteristických znaků tohoto druhu. Foto J. Svobodová.

Jak uvádí Souty-Grosset et al. (2006), raci pruhovaní se dožívají v Severní Americe až 4 let, v Evropě i více. Rozmnožují se na podzim a na jaře a za příznivých teplot vody (alespoň 7 °C) i v zimě. Samičky nosí vajíčka většinou od března do května, někdy i kratší dobu, což představuje jednu z mnoha konkurenčních výhod. Naše původní druhy raků nosí vajíčka pod zadečkem celou zimu, čímž dochází k mnohem větším ztrátám. Rovněž u amerických populací byly zaznamenány samice až s 600 vajíčky ve snůšce, u evropských populací mívají přes 400 ks. V květnu až červnu se líhnou ráčata a dosahují pohlavní zralosti již následujícím rokem. Mimo jiné i svou mimořádně vysokou rozmnožovací schopností se druh úspěšně rozšířil v evropských zemích.

Raci pruhovaní (Obr. 66) se mohou stát potravou např. úhořů, okouna říčního, volavek, vyder, norků a dalších predátorů (Souty-Grosset et al. 2006, Filipová et al. 2006a). Vzhledem k malému vzrůstu nemají významnější gastronomické využití.

4. Nároky raků na kvalitu vody

Zatímco na konci 19. století byli raci ohrožováni hlavně výskytem račího moru, od poloviny 20. století se k nepříznivým vlivům působícím na populace raků přidalo i znečišťování toků. Kromě zvýšené průmyslové výroby a rozvoje měst docházelo také k intenzifikaci zemědělství. S tím souviselo i scelování pozemků, necitlivé odvodňování luk, pastvin a mokřadů. Negativní vliv na jakost vody mělo i napřimování a zkracování vodních toků, vydláždění vodotečí nebo dokonce jejich zatrubňování. V zemědělské výrobě se začaly používat vysoké dávky průmyslových hnojiv. Těžká mechanizace zpevnila podorniční vrstvy půdy, což způsobilo nižší infiltraci vody do větších hloubek půdního profilu. Voda z těchto zpevněných ploch rovnou povrchově odtéká do toků i s použitými průmyslovými hnojivy a posléze společně s průmyslovými a komunálními odpady způsobuje znečištění vodních toků. V posledních dvou desetiletích sice došlo v České republice ke zlepšení jakosti vody, přesto řada toků zůstává stále znečištěná (Obr. 67, 68).

4.1. Legislativa ES

4.1.1. Směrnice 2000/60/ES

Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (Rámcová směrnice) usiluje o udržení a zlepšení vodního prostředí ve Společenství. Podle článku 6 této směrnice každý stát zajistí zřízení registru nebo registrů všech území, nacházejících se v každé oblasti povodí, které byly vymezeny jako území vyžadující zvláštní ochranu podle příslušných právních předpisů Společenství na ochranu jejich povrchových a podzemních vod nebo na zachování stanovišť a druhů živočichů a rostlin přímo závislých na vodě. Na takto vyhlášených územích by každý stát EU měl, podle typu chráněného území, vyhlásit environmentální cíle, kterých by mělo být dosaženo do 22. 12. 2015.

4.2. Legislativa ČR

4.2.1. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) (č. 254/2001 Sb.), v platném znění

Tento zákon (ve vazbě na Směrnici 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky /Rám-

cová směrnice/) se v § 35 odst. 1 dotýká problematiky jakosti povrchových vod a říká, že vláda stanoví nařízením povrchové vody, které jsou nebo se mají stát trvale vhodnými pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů, s rozdělením na vody lososové a kaprové. Stanovuje u těchto vod ukazatele a hodnoty jejich přípustného znečištění, způsob zjišťování a hodnocení stavu jakosti a vyhlašuje program snížení znečištění k dosažení hodnot jejich přípustného znečištění.

4.2.2. Nařízení vlády č. 71/2003 Sb. a č. 61/2003 Sb.

V současné době platí v České republice dvě nařízení vlády stanovující imisní standardy a hodnoty ukazatelů znečištění. Imisními standardy jsou nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod v jednotkách hmotnosti, které jsou stanoveny v příloze č. 2 nařízení vlády č. 71/2003 Sb.* a v příloze č. 3 nařízení vlády č. 61/2003 Sb.** Pro lokality s evropsky významným rakem říčním a rakem kamenáčem imisní standardy zatím v České republice nejsou zakotveny. Řešení se nabízí jen v tom případě, že tok je vyhlášen jako „lososová voda“ nebo „kaprová voda“ podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 78/659/EHS*** (v kodifikovaném znění 2006/44/ES), respektive podle nařízení vlády č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod (http://heis.vuv.cz). V tomto případě by měly být dodrženy imisní standardy pro lososové nebo kaprové vody. Imisní standardy jsou uvedeny i v nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Pravděpodobnost výskytu našich původních raků je vyšší na lokalitách, které splňují standardy pro lososové vody (Svobodová et al. 2008). Imisní standardy pro lososové a kaprové vody jsou uvedeny ve zjednodušené Tab. 3. V nařízení vlády č. 71/2003 Sb. je plné znění i s poznámkami a způsobem vyhodnocování a měření.

Tab. 3. Imisní standardy ukazatelů znečištění povrchových vod pro lososové a kaprové vody (teplota, nerozp. látky - maximální hodnota, kyslík - 50 % vzorků, resp. 100 % musí splnit imisní standard, BSK_5, NH_4^+, NH_3, NO_2^-, Cu, Zn - 95 % vzorků musí splnit imisní standard).

Právní předpis	**Nařízení vlády č. 71/2003 Sb.**			
	Lososové vody		**Kaprové vody**	
Ukazatel	**Cílové**	**Přípustné**	**Cílové**	**Přípustné**
Teplota oteplení °C		21,5		28
Teplota - rozdíl °C		1,5		3
Rozp. kyslík ($mg.l^{-1}$)	50%≥9	50%≥9	50%≥8	50%≥7
Rozp. kyslík ($mg.l^{-1}$)	100%≥7		100%≥5	
pH		6-9		6-9
BSK_5 ($mg.l^{-1}$)	3		6	
Amonné ionty NH_4^+ ($mg.l^{-1}$)	0,04	1	0,2	1
Volný amoniak NH_3 ($mg.l^{-1}$)	0,005	0,025	0,005	0,025
Dusitany NO_2^- ($mg.l^{-1}$)	0,6		0,9	
Rozpuštěná měď Cu ($mg.l^{-1}$)	0,04		0,04	
Celkový zinek Zn ($mg.l^{-1}$)		0,3		1
Nerozpuštěné látky ($mg.l^{-1}$)		25		25

* NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod, ve znění nařízení vlády č. 169/2006 Sb.

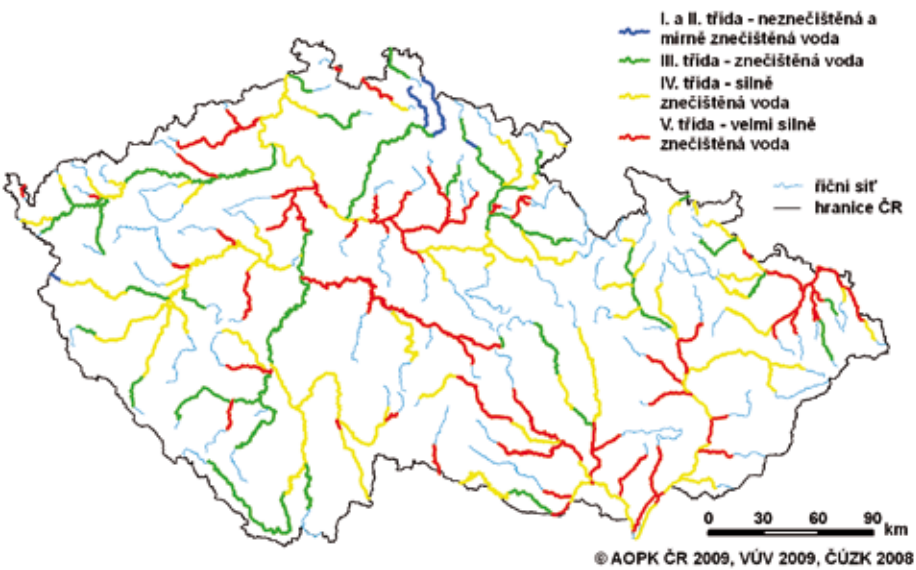
** NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb.

*** SMĚRNICE RADY 78/659/EHS ze dne 18. července 1978 o jakosti sladkých vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb (kodifikované znění bylo publikováno jako směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/44/ES).

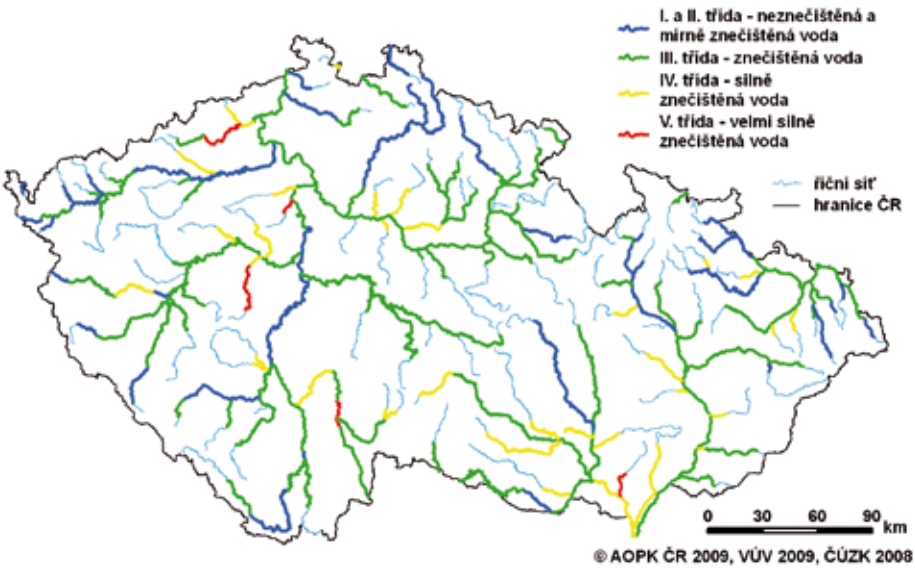
4.2.3. Norma ČSN 75 7221

I přes výrazné zlepšení v řadě sledovaných parametrů v průběhu posledních dvou desetiletí se v České republice vyskytují úseky vodních toků s velmi silně znečištěnou vodou (Anonymus 1998, Anonymus 2008b). Na konci minulého století většina toků patřila podle klasifikace ČSN 75 7221 do kategorie znečištěná až velmi znečištěná voda (Anonymus 1998). Toků s neznečištěnou nebo mírně znečištěnou vodou bylo na území České republiky velmi málo (HEIS VÚV). Začátkem tohoto století však můžeme zaznamenat stále postupující trend zlepšování kvality vody, přesto však dosud zůstává mnoho toků, které se řadí spíše do horší kategorie jakosti vody, tedy mezi znečištěné vody (Obr. 67, 68).

Většina sledovaných toků s výskytem našich původních raků patří podle ČSN 75 7221 do neznečištěných (I. třída) až mírně znečištěných vod (II. třída) (Anonymus 1998). To dokazuje i statistické hodnocení, z kterého vyplývá, že zvláště rak říční a rak kamenáč mají z dlouhodobého hlediska vysoké nároky na kvalitu vody (Svobodová et al. 2009).



Obr. 67. Jakost vody v tocích v letech 1991 - 1992. Zpracoval Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., v.v.i. z podkladů Českého hydrometeorologického ústavu. Hodnoceno podle ČSN 75 7221. Mapu zhotovil Z. Kučera.



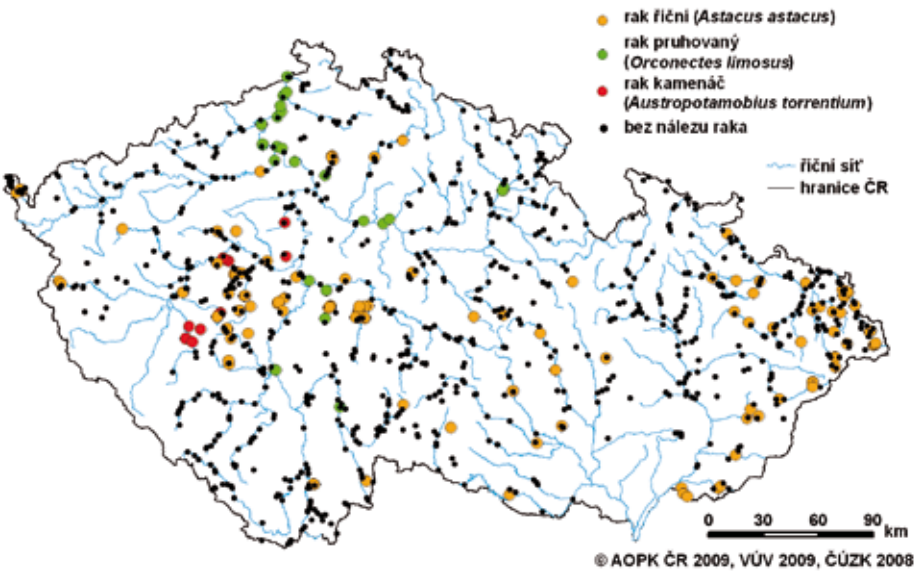
Obr. 68. Jakost vody v tocích v letech 2007 - 2008. Zpracoval Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., v.v.i. z podkladů Českého hydrometeorologického ústavu. Hodnoceno podle ČSN 75 7221. Mapu zhotovil Z. Kučera.

4.3. Hodnocení jakosti vody

4.3.1. Výsledky hodnocení jakosti vody v ČR

Hodnoty jakosti vody na lokalitách s výskytem raka říčního, raka kamenáče a raka pruhovaného byly kromě českých a zahraničních literárních zdrojů čerpány také z dat z České republiky. Byly přiřazeny údaje z celorepublikového mapování raků uskutečněného AOPK ČR (viz kapitola 3.3., Box 3) s databází monitoringu jakosti povrchových vod ČR (ČHMÚ, Povodí Vltavy s.p., Povodí Moravy s.p., Povodí Ohře s.p., Povodí Odry s.p., Povodí Labe s.p., VÚV T. G. M., v.v.i.) a tímto propojením byly získány údaje z 1 013 lokalit (Obr. 69, Tab. 4, Svobodová et al. 2008). Pro hodnocení byl použit průměr hodnot naměřených v profilech jakosti vody v letech 2004 až 2007. Každý profil jakosti byl tedy pro další analýzy reprezentován pro každý parametr jedinou průměrnou hodnotou.

Z 1 013 lokalit, ke kterým byly získány údaje o jakosti vody, bylo 116 s rakem říčním, 19 s rakem kamenáčem a na 28 lokalitách byl zaznamenán rak pruho-



Obr. 69. Rozložení všech lokalit v ČR, ve kterých se údaje získané při mapování raků podařilo propojit s databází kvality vody z let 2004 až 2007. Mapu zhotovil Z. Kučera.

vaný. Ostatních 850 lokalit bylo bez nálezu raků. Lokality s rakem bahenním a rakem signálním se většinou v ČR nacházejí ve stojatých vodách, ze kterých údaje o jakosti vody nebyly k dispozici.

Z dostupných fyzikálně-chemických parametrů kvality vody byly pro hodnocení využity parametry: teplota vody, rozpuštěný kyslík, pH, BSK_5, $CHSK_{Cr}$, nerozpuštěné látky (NL), vodivost, amonné ionty, volný amoniak, dusitany, dusičnany, zinek, měď, železo, hliník, vápník, sírany, chloridy, celkový fosfor. Pro každý druh raka byla spočítána průměrná hodnota a směrodatná odchylka (SD) ze všech lokalit a pásmo středních hodnot mezi 25. a 75. percentilem (mezikvartilové rozpětí), v němž leží padesát procent všech lokalit s výskytem raka říčního, raka kamenáče a raka pruhovaného a ze všech lokalit (Tab. 4).

Tab. 4. Průměrné hodnoty, směrodatná odchylka (SD) a pásmo středních hodnot mezi 25. a 75. percentilem (mezikvartilové rozpětí) pro jednotlivé parametry a soubory lokalit obývaných daným druhem a všechny lokality. Shodná písmena označují v rámci řádku dvojice, u kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl.

	rak říční *Astacus astacus*					**rak kamenáč** *Austropotamobius torrentium*				
Parametr	**Počet lokalit**	**průměr**	**SD**	**Percentil 25**	**75**	**Počet lokalit**	**průměr**	**SD**	**Percentil 25**	**75**
NH_4^+ (mg.l^{-1})	107	0,150^A	0,139	0,059	0,175	19	0,212^A	0,348	0,044	0,17
NH_3 (mg.l^{-1})	99	0,0020^A	0,0022	0,0007	0,002	19	0,0030^A	0,0053	0,0005	0,002
BSK_5 (mg.l^{-1})	105	2,1^A	0,9	1,4	2,7	19	2,4^A	1,7	1,3	2,8
NO_2^- (mg.l^{-1})	107	0,080^A	0,069	0,033	0,094	19	0,132^A	0,221	0,033	0,077
Fe (mg.l^{-1})	89	0,28^A	0,26	0,09	0,452	17	0,38^A	0,43	0,041	0,484
Al (mg.l-1)	51	0,171^A	0,127	0,060	0,258	12	0,184^A	0,156	0,042	0,379
pH	110	7,8^A	0,3	7, 6	8,0	19	7,8^A	0,3	7,7	7,9
O_2 (mg.l^{-1})	112	10,3^A	0,9	9,96	10,96	19	9,4^B	1,1	9,4	9,98
Cu rozp. (mg.l^{-1})	95	0,0040^A	0,003	0,002	0,005	17	0,0049^A	0,0026	0,002	0,007
$CHSK_{Cr}$ (mg.l^{-1})	80	17,1^A	7,8	11,9	20,8	10	13,1^A	5,8	7,0	18,7
NO_3^- (mg.l^{-1})	110	12,3^A	10,3	5,4	18,2	19	11,6^A	9,1	5,2	13,6
Zn (mg.l^{-1})	95	0,015^A	0,013	0,006	0,017	17	0,006^B	0,001	0,005	0,005
Nerozp. látky	89	16^A	17	7	20	16	19^A	23	8	15
Chloridy (mg.l^{-1})	96	27,5^A	37,5	6,8	29,9	17	30,1^{A,B}	34,4	9,8	24,2
P celk. (mg.l^{-1})	70	0,135^A	0,207	0,032	0,134	17	0,327^A	0,381	0,065	0,479
SO_4^{2-} (mg.l^{-1})	86	77,1^A	142,9	25,3	75,3	17	55,7^A	42,7	28,9	74,46
Ca (mg.l^{-1})	106	45,2^A	33,8	22,8	62,4	17	52,9^{A,B}	40,4	34,6	54,2
Vodivost (µS.cm^{-1})	107	417^A	352	205	510	19	446^A	280	302	521

Tab. 4. Pokračování ze str. 99

	rak pruhovaný *Orconectes limosus*					Všechny lokality				
Parametr	**Počet lokalit**	**průměr**	**SD**	**Percentil 25**	**75**	**Počet lokalit**	**průměr**	**SD**	**Percentil 25**	**75**
NH_4^+ (mg.l^{-1})	26	0,206^B	0,086	0,15	0,227	936	0,374	0,718	0,072	0,349
NH_3 (mg.l^{-1})	26	0,0036^B	0,0022	0,002	0,004	848	0,0046	0,0084	0,0008	0,0045
BSK_5 (mg.l^{-1})	26	3,3^B	0,8	3,1	3,7	939	2,8	1,7	1,7	3,4
NO_2^- (mg.l^{-1})	26	0,136^B	0,056	0,107	0,147	936	0,136	0,151	0,044	0,175
Fe (mg.l^{-1})	20	0,90^B	0,76	0,31	1,191	735	0,43	0,41	0,16	0,56
Al (mg.l-1)	17	0,773^B	0,722	0,149	1,088	411	0,234	0,253	0,113	0,281
pH	26	7,9^A	0,2	7,8	8,1	948	7,7	0,4	7,5	8,0
O_2 (mg.l^{-1})	27	9,3^B	1,3	8,6	10,0	957	10,3	1,2	9,8	11,1
Cu rozp. (mg.l^{-1})	23	0,0065^A	0,0038	0,002	0,01	818	0,0035	0,0048	0,0015	0,0042
$CHSK_{Cr}$ (mg.l^{-1})	25	24,2^B	5,4	22,1	28,5	833	19,0	8,3	13,5	22,8
NO_3^- (mg.l^{-1})	22	16,7^B	5,6	13,3	21,3	958	14,0	9,0	7,1	19,5
Zn (mg.l^{-1})	23	0,016^A	0,007	0,01	0,022	820	0,018	0,026	0,008	0,020
Nerozp. látky	27	22^B	8	18	27	807	17	17	8	21
Chloridy (mg.l^{-1})	23	26,8^B	10,3	22,9	29,9	742	35,0	123,7	9,3	32,0
P celk. (mg.l^{-1})	20	0,139^A	0,066	0,110	0,150	439	0,154	0,196	0,050	0,180
SO_4^{2-} (mg.l^{-1})	22	64,8^A	33,4	48,7	64,4	713	59,9	76,0	25,0	67,4
Ca (mg.l^{-1})	26	55,1^B	24,8	45,9	58,1	840	45,5	36,9	20,6	61,0
Vodivost (µS.cm^{-1})	26	418^A	144	378	416,9	879	425	452	219	510

V případě raka říčního byla při hodnocení dat zaznamenaná významná souvislost mezi pravděpodobností výskytu tohoto druhu a ukazatelem organického znečištění - BSK_5, dále amonnými ionty a dusitany. Jako další v pořadí relativní významnosti faktorů byly vyhodnoceny železo a hliník spolu s pH (Svobodová et al. 2009), dále kyslík, měď, $CHSK_{Cr}$, dusičnany a zinek. U vápníku, celkového fosforu, síranů a chloridů nebyla nalezena souvislost mezi pravděpodobností výskytu raka říčního a tímto ukazatelem. Proto o těchto parametrech nebude podrobněji pojednáno s výjimkou vápníku, který byl do výčtu důležitých parametrů zařazen, neboť je zásadní pro život raků. Souvislost mezi pravděpodobností výskytu raků a tímto faktorem nebyla nalezena, protože téměř na většině území ČR, kde byl prováděn monitoring jakosti vody, jsou dostatečně vysoké koncentrace vápníku. Pomocí logistické regrese bylo vypočítané optimum pro ukazatele BSK_5, pH, O_2 a Cu (Svobodová et al. 2009).

U raka říčního, raka kamenáče a raka pruhovaného nebyly zaznamenány rozdíly nároků na jakost vody u parametrů - pH, vápníku, mědi, celkového fosforu, síranů a vodivosti. Dá se tedy říci, že u těchto parametrů jsou nároky všech tří druhů raků podobné. Signifikantní rozdíly v jakosti vody mezi rakem říčním a rakem kamenáčem byly zaznamenány pouze u zinku a rozpuštěného kyslíku. U ostatních parametrů nebyly shledány rozdíly, lze tedy předpokládat, že nároky na jakost vody u obou původních druhů raků jsou velmi podobné.

Kromě výše zmíněných ukazatelů byla jakost vody na lokalitách s rakem pruhovaným průkazně horší (Tab. 4).

Význam sledování jakosti vody

Jakost vody na lokalitách s raky představuje důležitý parametr, neboť znečištění ve vodách snižuje pravděpodobnost výskytu našich původních raků. Jedině při sledování jakosti vody na tocích lze nalézt dlouhodobý zdroj úniku znečištění. V současnosti probíhá monitoring jakosti vody na lokalitách s výskytem raka kamenáče (Obr. 70, 71). Toto sledování je součástí monitoringu živočichů (viz Příloha 4). V dalších letech by bylo vhodné sledovat jakost vody i na vybraných lokalitách s rakem říčním. Seznam ukazatelů, které je potřeba sledovat při pravidelném monitoringu na lokalitách s rakem říčním a rakem kamenáčem, je uveden v Boxu 4.

Box 4
Které parametry jakosti vody je vhodné sledovat na lokalitách s rakem říčním a rakem kamenáčem při pravidelném monitoringu?

Seznam ukazatelů:
teplota, rozpuštěný kyslík, pH, BSK_5, amonné ionty, volný amoniak, dusitany, dusičnany, zinek, měď, železo, hliník, vápník, chloridy, nerozpuštěné látky

a doplňující ukazatele:
$CHSK_{Cr}$, zinek, celkový fosfor, vodivost, sírany.

Obr. 70. Samice raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) pod čistírnou odpadních vod. Stroupínský potok, 18. 6. 2008. Foto M. Štambergová.

Obr. 71. Odběr a měření vzorku vody na Tisém potoce, lokalitě s výskytem raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*), 15. 10. 2008. Foto M. Štambergová.

V případě ekologické havárie na toku je situace daleko složitější a finančně náročnější. Zjistit přesné složení vody, která způsobila úhyn raků, nebývá snadné, neboť látek, které mohou zapříčinit vyhubení populace, je velké množství. Úhyn může být způsoben znečištěním obsahujícím látky od volného amoniaku, dusitanů až po různé druhy pesticidů, specifické polutanty, PAU (polycyklické aromatické uhlovodíky) atd.

V minulosti došlo k vysazování raků na mnoha lokalitách v České republice. O tom, zda je toto jednání pro raky prospěšné a v jaké míře je účelné, pojednává kapitola 6.4. Posoudíme-li vysazování raků z hlediska kvality vody a ekonomických nákladů, musíme konstatovat, že zatímco byly vynaloženy statisícové náklady na vysazování raků, posouzení vhodnosti výběru lokality nebyla věnována velká pozornost. Nemluvíme o hydromorfologickém charakteru toku, ale právě o kvalitě vody, o možnosti úniku škodlivých látek z okolních zdrojů. Tímto jsou myšleny nejen odpadní vody z průmyslových nebo zemědělských závodů, ale i ze starých ekologických zátěží v povodí toku. Jsou zaznamenány

případy (Anonymus 2005, Anonymus 2009), kdy byli vysazovaní raci opakovaně zdecimováni právě únikem nebezpečných látek do toku z okolních zdrojů. Výběrem vhodnější lokality, popř. řádným průzkumem okolí, by se této situaci dalo zabránit. Prospěšné je do ochrany raků zapojit i veřejnost, protože pokud jsou místní obyvatelé zasvěceni do dané problematiky, mnohdy se vyvarují různých nežádoucích činností. Jsou také pozornější k podezřelým aktivitám v okolí, které vedou ke znečištění vodního toku nebo až k havárii na toku. Pokud již havárie v blízkosti nebo přímo na toku nastane a je zřejmé, že dojde k znečištění povrchových i podzemních vod, je nutné zavolat hasiče nebo policii. Jen tak lze zabránit dalekosáhlým škodám na životním prostředí.

4.4. Základní fyzikálně-chemické vlastnosti vody

Amoniakální dusík (NH_4^+, NH3)

Amoniakální dusík je primárním produktem rozkladu dusíkatých látek živočišného a rostlinného původu. Antropogenním zdrojem amoniakálního dusíku organického původu jsou splaškové odpadní vody a odpady ze zemědělské výroby. Antropogenním zdrojem amoniakálního dusíku anorganického původu v povrchových a podzemních vodách jsou především dusíkatá hnojiva používaná v zemědělství. Dalším významným antropogenním zdrojem znečištění jsou odpadní vody z tepelného zpracování uhlí a z galvanického pokovování (Pitter 1999). Toxicita amoniaku pro vodní živočichy se zvyšuje s teplotou vody a hodnotou pH, kdy se zvyšuje podíl nedisociované molekuly NH_3 na úkor disociované NH_4^+. Tato molekula NH_3 má toxické účinky, neboť snáze proniká buněčnými membránami (Pitter 1999). Toxicita se také zvyšuje s klesající koncentrací rozpuštěného kyslíku ve vodě (Svobodová et al. 1987). V legislativě ČR je standard amonných iontů pro kaprové i lososové vody 1 $mg.l^{-1}$. V případě, že není překročen standard pro volný amoniak (0,025 $mg.l^{-1}$) pro kaprové i lososové vody, může být hodnota amonných iontů až 2,5 $mg.l^{-1}$.

Při analýzách lokalit v ČR byly vyhodnoceny amonné ionty jako jeden z nejzásadnějších chemických parametrů, který ovlivňuje výskyt raků. Nejvyšší průměrná hodnota amonných iontů na zkoumaných lokalitách bez výskytu raků byla 8,7 $mg.l^{-1}$. Na tocích s potvrzeným výskytem raka říčního a raka kamenáče byla zjištěna nejvyšší průměrná koncentrace NH_4^+ 1,5 $mg.l^{-1}$, a to na Zákolanském potoce ve Středočeském kraji. Podobná situace je bohužel na Zákolanském potoce pravidlem. V letních měsících roku 2009 byla například pod rybníkem

v obci Okoř koncentrace amonných iontů 1,4 mg.l^{-1}. Současně byl překročen limit pro volný amoniak, který je pro vodní organismy silně toxický. Pod obcí Okoř se koncentrace NH_4^+ dokonce zvýšila na 3,4 mg.l^{-1} a imisní standard pro NH_3 byl překročen 5x (0,12 mg.l^{-1}). Zákolanský potok spolu s Radotínským ve Středočeském kraji patří k nejvíce znečištěným tokům s výskytem kriticky ohroženého raka kamenáče. Byly zde naměřeny vysoké koncentrace amonných iontů, volného amoniaku, ale i dusitanů. Na toku byly současně zaznamenány nízké koncentrace kyslíku (Obr. 72). Pod rybníkem byly opakovaně naměřeny koncentrace kyslíku okolo 3 mg.l^{-1}, což představuje přibližně jen 30 % nasycení vody kyslíkem.

V zahraniční literatuře se takto vysoké koncentrace amonných iontů na lokalitách s výskytem původních evropských raků nepodařilo nalézt. Schulz

Obr. 72. I takto může vypadat tok s výskytem raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Zákolanský potok, 23. 11. 2006. Foto M. Štambergová.

et al. (2006b) se zabýval výzkumem jezer v severovýchodním Polsku s výskytem raka říčního. Nejvyšší zaznamenané hodnoty NH_4^+ v této studii byly 0,15 mg.l^{-1}. Rovněž Trouilhé et al. (2007) v západní Francii na tocích s výskytem druhu *Austropotamobius pallipes* udává nejvyšší průměrnou hodnotu 0,139 mg.l^{-1}.

Daleko fatálnější důsledky pro raky mohou nastat při ekologických haváriích. Hromadný úhyn populace raka kamenáče byl například zaznamenán na přítoku Trojhorského potoka, kdy při havárii cisterny došlo k úniku chemického hnojiva Lovodam 30 (vodný roztok dusičnanu amonného s močovinou) (Obr. 73, 88). Imisní standard pro amonné ionty byl v tomto případě překročen 400x.

Dusitany

Dusitany jsou přirozenou součástí koloběhu dusíku v přírodě. Jsou velmi nestálé a mohou být ve vodním prostředí snadno biochemicky i chemicky oxidovány nebo redukovány. Velmi snadná je biochemická oxidace (nitrifikace)

Obr. 73. Poškození vegetace při havárii v povodí Trojhorského potoka dne 28. 5. 2006. Foto B. Franěk.

probíhající ve vodách v oxických podmínkách (Pitter 1999). Jako minerály se dusitany nevyskytují. Hlavním zdrojem dusitanů ve vodních tocích ČR jsou komunální a průmyslové odpadní vody (výroba barviv, chladicí kapaliny), mohou však vznikat i v přírodě redukcí dusičnanů nebo naopak oxidací amoniakálního dusíku.

Toxicita dusitanů pro vodní organismy značně kolísá a závisí na mnoha vnitřních i vnějších faktorech jako je druh živočicha, věk, celková kvalita vody atd. Bylo zjištěno, že toxicita dusitanů, např. pro ryby, klesá se zvyšující se koncentrací chloridů (Svobodová et al. 1987, Máchová et al. 2004). U raků tuto skutečnost potvrdili Jeberg & Jensen (1994), konkrétně u raka bahenního došel ke stejným závěrům i Yildiz & Benli (2004). Policar et al. (2003) prováděli experimenty na ročcích raka říčního a zjistili, že toxicita dusitanů může být reverzibilní. Nebezpečí dusitanů pro vodní živočichy spočívá v tom, že mohou být aktivně přijímány žábrami z okolní vody a následně akumulovány ve vysokých koncentracích v tělních tekutinách (Pitter 1999). Dlouhodobější působení dusitanů způsobuje oslabení obranného systému, což vede k větší náchylnosti k infekčním onemocněním (Yildiz & Benli 2004). Pro výskyt raka říčního a raka kamenáče jsou jako přijatelné uváděny koncentrace dusitanů do 0,164 $mg.l^{-1}$ (Bohl 1987). Pro dusitany je v nařízení vlády č. 71/2003 Sb. nastavený národní imisní standard (Tab. 3). Ve směrnici 78/659/EHS je jeho hodnota přísnější. Pro lososové vody je to 0,01 $mg.l^{-1}$ a pro kaprové vody 0,03 $mg.l^{-1}$.

Většina lokalit s výskytem raka říčního splňuje národní standard pro lososové vody, průměrná hodnota ze všech lokalit je 0,08 $mg.l^{-1}$. V případě raka kamenáče koncentrace dusitanů u dvou potoků překračovaly i národní imisní standardy. Průměrné hodnoty díky těmto tokům byly vyšší (0,132 $mg.l^{-1}$). Jedná se o již zmíněný Zákolanský a Radotínský potok ve Středočeském kraji. Pod rybníkem v Okoři byla například naměřena koncentrace 1,7 $mg.l^{-1}$ dusitanů při koncentraci chloridů 110 $mg.l^{-1}$. Přestože je hustota populace raků např. v Zákolanském potoce relativně vysoká, rak kamenáč zde vykazuje odchylky od běžného chování. Např. i v místech, kde je pod kameny dostatek úkrytů, hloubí rak kamenáč nory ve břehu. Zda toto souvisí se špatnou jakostí vody zatím není ověřeno. V roce 2007 ve věkovém složení populace raků také chyběla nejmladší generace raků, tedy nultý ročník. V roce 2009 došlo na tomto toku k hromadnému úhynu raka kamenáče. V současné době není ověřeno, zda toto bylo způsobeno znečištěním na toku nebo račím morem. Je možná i varianta, že došlo ke kombinaci obou negativních jevů. Další lokalitou, kde si rak kamenáč hloubí nory, je např. Příkosický potok (přítok Skořického potoka u Rokycan). I v tomto případě se jedná o znečištěný tok (BSK_5 - 8,0 $mg.l^{-1}$, NO_2^- - 0,411 $mg.l^{-1}$, NO_3^- - 51,8 $mg.l^{-1}$).

Rak pruhovaný se častěji vyskytoval v tocích, které byly znečištěny dusitany, průměrná hodnota 0,136 $mg.l^{-1}$ nebyla v tomto případě zvýšená ojedinělou koncentrací. Jakost vody s výskytem raka pruhovaného byla na většině lokalit daleko horší než jakost na lokalitách s našimi původními raky.

Dusičnany

V minerálech jsou dusičnany obsaženy jen velmi zřídka. Vznikají hlavně při nitrifikaci amoniakálního dusíku a jsou konečným stupněm rozkladu dusíkatých organických látek v oxickém prostředí. Dalším zdrojem jsou splachy dusíkatých hnojiv ze zemědělsky obhospodařovaných ploch. Anorganického původu jsou dusičnany v atmosférických vodách (emise ze spalování paliv). Sorpční schopnost dusičnanů je malá, proto jsou jen málo zadržovány v půdě a pronikají i do vzdálených míst, kde mohou kontaminovat podzemní vody (Pitter 1999). Bohl (1987) uvádí přípustnou koncentraci dusičnanů pro raka říčního a raka kamenáče 44,3 $mg.l^{-1}$. Imisní standardy pro dusičnany v nařízení vlády č. 71/2003 Sb. nejsou stanoveny.

V České republice byly průměrné hodnoty dusičnanů na lokalitách s rakem říčním 12,3 $mg.l^{-1}$ a s rakem kamenáčem 11,6 $mg.l^{-1}$. Průměrné koncentrace dusičnanů pro raka pruhovaného byly stejně jako u dusitanů vyšší, 16,7 $mg.l^{-1}$ (Svobodová et al. 2009). Relativní významnost dusičnanů byla daleko menší než např. amonných iontů a dusitanů.

Biochemická a chemická spotřeba kyslíku

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK_5) je mírou obsahu organických látek ve vodě. Je to hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného v oxickém prostředí biochemickou oxidací organických látek ve vodě za pět dní. Chemická spotřeba kyslíku ($CHSK_{Cr}$) je také mírou obsahu organických látek ve vodě. V tomto případě se na koncentraci organických látek usuzuje podle množství oxidačního činidla, které se za určitých podmínek spotřebuje na jejich oxidaci. Jako oxidační činidlo se používá dichroman draselný. Velmi dobře kvantitativně vystihuje celkové organické znečištění povrchových vod. Stanovení BSK_5 a $CHSK_{Cr}$ je běžnou součástí chemického rozboru vzorků vod (Pitter 1999).

Nařízení vlády č. 71/2003 Sb. uvádí standard BSK_5 pro lososové vody 3 $mg.l^{-1}$ a pro kaprové vody 6 $mg.l^{-1}$. Plnění standardu BSK_5 je problémem na všech lososových a kaprových vodách. Také u vod obývaných rakem říčním jsou tyto standardy překročeny na polovině lokalit (Svobodová et al. 2009). Standard pro $CHSK_{Cr}$ v nařízení vlády č. 71/2003 Sb. není uveden.

Raci bahenní se podle Sládečka (1988) vyskytují ve vodách s BSK_5 průměrně kolem 5,0 $mg.l^{-1}$. Výjimečně jsou schopni snést hodnotu až 10 $mg.l^{-1}$. Foster (1995) uvádí, že pro raky je vhodné mírné obohacení vody živinami. To naznačuje, že rakům nevyhovují toky oligotrofního charakteru. Přesto se raci vyskytují např. v oligotrofním jezeře ve Finsku (Westman et al. 2002). V těchto případech mohou být negativní faktory jakosti vody vyváženy jinými přírodními faktory natolik, že se raci mohou přizpůsobit i zdánlivě nepříznivým podmínkám.

Optimální hodnota BSK_5 pro raka říčního byla 1,2 $mg.l^{-1}$. Průměrná hodnota pro raka říčního byla v rámci námi sledovaných lokalit 2,1 $mg.l^{-1}$, pro raka kamenáče 2,4 $mg.l^{-1}$. Lokality s výskytem raka pruhovaného měly průměrnou hodnotu 3,3 $mg.l^{-1}$. Průměrná hodnota $CHSK_{Cr}$ pro raka říčního byla 17,1 $mg.l^{-1}$, pro raka kamenáče 13,1 $mg.l^{-1}$ a pro raka pruhovaného 24,2 $mg.l^{-1}$ (Svobodová et al. 2009).

Teplota vody

Teplota vody je jednou z velmi důležitých fyzikálních vlastností, která ovlivňuje životní děje raků a dalších vodních živočichů. Bezprostředně působí na intenzitu látkové výměny, příjem potravy i rozmnožování. Teplota vody je také iniciátorem aktivity raků (Bohl 1987, Maguire et al. 2002). Poté, co na začátku jara dojde k oteplení, aktivita raků vzrůstá. S poklesem teploty vody pod 10 °C dochází ke snížení aktivity raků (Sint & Füreder 2004). Při poklesu vody pod 6 °C raci vyhledávají vhodné úkryty pro přezimování. Přesto Ackefors (1999b) našel několik aktivních raků v malém švédském jezeře, i když teplota poklesla k 0 °C. Faller et al. (2006) odchytili raka říčního při teplotě vody 1 °C a nezaznamenali žádné období bez aktivity raků. Maguire et al. (2002) zkoumali aktivitu raka kamenáče na třech různých tocích. Teplota, při které rak neprojevoval žádnou aktivitu, byla pro každý tok mírně odlišná, pohybovala se od 6,6 °C až k 2,9 °C. Teplota vody ovlivňuje i páření raků, ke kterému dochází v podzimních měsících při poklesu teploty vody. V Chorvatsku toto období nastává v listopadu, zatímco v severských zemích, kde je chladněji, dochází k páření již na přelomu září a října (Faller et al. 2006).

Rak říční a rak kamenáč, stejně jako rak signální, jsou stenotermními živočichy, kteří využívají úzký rozsah teplot a vyžadují vyrovnaný teplotní režim. Stejná věková stadia juvenilního raka říčního však projevila vyšší toleranci k nízkým i vysokým teplotám než juvenilní stadia raka signálního (Kozák & Policar 2001). Teplotní optimum pro dobrý růst raka říčního je 16 - 19 °C (Krupauer 1982). V letních měsících vyžaduje teplotu vody nejméně 15 °C (Souty-Grosset et al. 2006). Teploty nad 25 °C snáší raci říční jen po omezenou dobu (Kozák

et al. 1998). Horní letální hranice pro raky říční je 30 - 33 °C, spodní hranicí je 0 °C (Svobodová et al. 1987). Bohl (1987) uvádí pro raka říčního a raka kamenáče širší teplotní rozmezí mezi 11 - 26 °C. Teploty zaznamenané Maguire et al. (2002) pro raka kamenáče byly nižší, pohybovaly se do 22 °C. Rak bahenní je eurytermní živočich, který se vyskytuje v prostředí s širší teplotní amplitudou, např. ve stáří 16 až 20 dní mu vyhovuje teplotní rozpětí mezi 16 - 26 °C (Svobodová et al. 1987).

Nařízení vlády č. 71/2003 Sb. uvádí, že pod antropogenním zdrojem oteplení vod by maximální hodnota pro lososové vody neměla přesáhnout 21,5 °C a rozdíl nad a pod zdrojem oteplení by neměl být vyšší než 1,5 °C. Maximální teplota pro kaprové vody by neměla být vyšší než 28 °C a rozdíl teplot by neměl překročit 3 °C. Maximální naměřená teplota vody na lokalitách s výskytem raka říčního a raka kamenáče v ČR byla v letech 2004 až 2007 21,5 °C, podobně jako uvádí Renz & Breithaupt (2000). Tato hodnota byla zaznamenána na Zákolanském a Stroupínském potoce.

Na teplotu vody má značný vliv i zastínění toku břehovými porosty. U zastíněných toků je teplota vody o 2 - 4 °C nižší než u toků bez břehových porostů. Rovněž výška vodního sloupce a proudivost mají vliv na teplotu vody. Voda pomalu proudící a s nízkým vodním sloupcem se velmi snadno prohřívá (Hanel & Lusk 2005). Také teplota vody pod produkčními rybníky může být negativně ovlivněna, například na Zákolanském potoce byl rozdíl teplot nad a pod rybníkem 3,1 °C. V teplých letních měsících spolu s poklesem kyslíku může být takový stav pro raky až fatální.

Kyslík

S funkcí teploty v životě raků úzce souvisí úloha obsahu kyslíku ve vodě. Jeho spotřeba se u raků mění v závislosti na aktivitě, hmotnosti, stáří a pohlaví. Nároky na kyslík jsou ovlivňovány i kvalitou vody, kdy lze zmínit např. závislost na pH a koncentraci organických a cizorodých látek (Svobodová et al. 1987). V literatuře se uvádí, že optimální z hlediska obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě je pro raka říčního rozpětí 9 - 12 $mg.l^{-1}$ (Cukerzis 1988). V zimním období by neměly hodnoty poklesnout pod 4 - 5 $mg.l^{-1}$ a v létě pod 7 $mg.l^{-1}$, což uvádí Svobodová et al. (1987) v zásadách pro zachování chovatelské jistoty. Kozák et al. (2000d) zmiňuje, že se rak kamenáč vyskytuje ve vodách o koncentracích kyslíku 7,6 - 10 $mg.l^{-1}$. Vzhledem k tomu, že ekologické nároky raků rodu *Austropotamobius* jsou velmi podobné, může být užitečné srovnání s dalšími druhy tohoto rodu. Například Grandjean et al. (1996) nalezl dobře prosperující populaci *Austropotamobius pallipes* v malých nádržích, kde byla naměřena hodnota

rozpuštěného kyslíku mezi 0,8 a 5 mg.l^{-1}. Také při experimentálních testech raci rodu *Austropotamobius* vydrželi velmi nízké koncentrace kyslíku (3 mg.l^{-1} čili 30 % nasycení) po dobu až 12 dnů (Demers et al. 2006). Proto se nejnižší naměřená koncentrace rozpuštěného kyslíku 2,8 mg.l^{-1} na Zákolanském potoce se sympatrickým výskytem raka kamenáče a raka říčního nejeví jako překvapivá (Svobodová et al. 2009).

Podle nařízení vlády 71/2003 Sb. by koncentrace rozpuštěného kyslíku v 50 % vzorků neměla být nižší než 9 mg.l^{-1} pro lososové vody a 7 mg.l^{-1} pro kaprové vody. Kyslík by však neměl klesnout pod 6 mg.l^{-1}.

Průměrné hodnoty rozpuštěného kyslíku uvádí např. Faller et al. (2006) pro raka říčního 10,58 mg.l^{-1} a Maguire et al. (2002) pro raka kamenáče 10,3 - 10,9 mg.l^{-1}. Z našeho území vychází průměrná hodnota pro raka kamenáče a raka pruhovaného nižší než pro raka říčního (Tab. 4). Rozsah průměrných hodnot na vyhodnocovaných lokalitách s rakem říčním byl od 7,5 do 11,5 mg.l^{-1}, přičemž optimální hodnota rozpuštěného kyslíku pro tento druh činila 9,8 mg.l^{-1}. Průměrné koncentrace v úsecích s výskytem raka kamenáče byly signifikantně nižší v rozmezí 5,4 - 11 mg.l^{-1}. U raka pruhovaného se rozmezí hodnot pohybovalo mezi 7,0 - 12,7 mg.l^{-1} a nejnižší naměřená hodnota byla 2 mg.l^{-1}.

Hodnota pH

Hodnota pH má vliv na koloběh látek ve vodě a je jedním z hlavních faktorů, které ovlivňují složení povrchových vod, a to zejména obsah stopových kovových prvků (Hruška et al. 2006). Spolu s oxidačně-redukčním potenciálem také působí na chemické a biochemické procesy ve vodě (Pitter 1999).

Významně také ovlivňuje výskyt všech vodních živočichů, včetně raků ve vodním prostředí. Existenční optimum uváděné v literatuře pro raka říčního a raka bahenního spadá do rozmezí pH 7,0 - 8,7, nicméně rak je schopen přežít po časově omezenou dobu i při hodnotách pH 4 - 11. Letální účinek mají hodnoty nižší než 3,5 a vyšší než 12. Hodnoty pH pod úrovní 5,5 mají prokazatelně u raka říčního negativní účinek zvláště na raná vývojová stadia, pH 4,5 znamenalo 100 % úmrtnost embryí (Svobodová et al. 1987). Bohl (1987) pro výskyt raka kamenáče a raka říčního uvádí rozmezí hodnot pH 5 - 8,6, Renz & Breithaupt (2000) pro raka kamenáče pH od 7,6 - 8,5. Nařízení vlády 71/2003 Sb. uvádí imisní standard pH v rozmezí 6 - 9.

Na lokalitách, kde byl v ČR potvrzen výskyt raka kamenáče, raka říčního i raka pruhovaného, byla průměrná hodnota pH v rozmezí 7,8 - 7,9 (Tab. 4). V případě pH nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly mezi těmito třemi druhy. Optimální hodnota pH pro raka říčního byla stanovena ve výši 8,0. Krátkodobě byly na některých lokalitách zaznamenány odlišné hodnoty, např. na Stroupínském potoce se sympatrickým výskytem raka říčního a raka kamenáče, kde byla při hojném nárůstu řas na dně toku naměřena hodnota pH 9,4.

Jako významné parametry ovlivňující výskyt raků byly vyhodnoceny obsah železa a hliníku (Svobodová et al. 2009). V nařízení vlády č. 71/2003 Sb. pro tyto dva kovy nejsou stanoveny imisní standardy.

Železo

Železo se přirozeně vyskytuje v železných rudách a hlinitokřemičitanech. Jeho antropogenním zdrojem mohou být průmyslové odpadní vody ze závodů zpracovávajících železo. Formy výskytu rozpuštěného a nerozpuštěného železa ve vodách závisejí na hodnotě pH, oxidačně-redukčním potenciálu a komplexotvorných látkách přítomných ve vodě (Pitter 1999). Podle Dalzella & Macfarlana (1999) nerozpustné sloučeniny železa v oxidačním stupni III. například pokrývají žaberní lístky u ryb a snižují respirační plochu žaber, takže může dojít až k úhynu udušením. Při sledování bioakumulace těžkých kovů u raka bahenního zjistili Naghshbandi et al. (2007) největší akumulaci Fe právě v žábrách.

Bohl (1987) uvádí limit pro železo pro raka říčního a raka kamenáče 1,2 $mg.l^{-1}$. V České republice byly průměrné hodnoty obsahu železa (Tab. 4) na lokalitách s rakem říčním 0,28 $mg.l^{-1}$ a pro raka kamenáče 0,38 $mg.l^{-1}$. Průměrné koncentrace železa pro raka pruhovaného byly vyšší, a to 0,9 $mg.l^{-1}$ (Svobodová et al. 2009).

Hliník

Hliník je v přírodě rozšířen hlavně ve formě hlinitokřemičitanů. Antropogenním zdrojem hliníku jsou odpadní vody z povrchové úpravy hliníku a jeho slitin, z výroby papíru, kůže a barviv. Vlivem kyselých srážek se zvětšuje migrace hliníku v půdě, což je také jedna z příčin vzrůstu koncentrace hliníku ve vodách. Hliník se vyskytuje ve vodách v rozpuštěné nebo suspendované formě nebo koloidní disperzi.

Pro ryby je hliník toxický, což se může projevit v acidifikovaných vodách v důsledku kyselých srážek. Jeho toxicita značně závisí na formách existence hliníku, neboť obvykle jsou komplexní formy méně toxické než jednoduché ionty. Také křemík snižuje toxicitu hliníku pro ryby, což závisí na hodnotě pH a poměru mezi koncentrací hliníku a křemíku (Pitter 1999). Podle Alexopoulose et al. (2003) je i vysrážený hliník škodlivý pro vodní organismy. Jako subletální koncentrace se udává 0,5 $mg.l^{-1}$. U raka se hliník nejvíce hromadí na povrchu žaber, což způsobuje vylučování slizu a zhoršené dýchání (Alexopoulos et al. 2003). Tato opakující se hypoxie spolu s osmoregulační dysfunkcí při epizodickém vystavování raka subletální koncentraci hliníku podle Warda et al. (2006) vede k oslabení imunitního systému.

V České republice byly průměrné hodnoty obsahu hliníku (Tab. 4) na lokalitách s rakem říčním 0,17 $mg.l^{-1}$ a pro raka kamenáče 0,18 $mg.l^{-1}$. Průměrné koncentrace hliníku pro raka pruhovaného byly vyšší, a to 0,77 $mg.l^{-1}$ (Svobodová et al. 2009).

Při povodních na Labi v roce 2006 byly naměřeny extrémně vysoké hodnoty železa a hliníku. Hodnoty byly tak vysoké, že ovlivnily průměrné hodnoty na lokalitách s rakem pruhovaným. Jak na skokové krátkodobé zvýšení některých parametrů rak pruhovaný reagoval, nelze zpětně zjistit. Jeho populace buďto přežily, nebo mohly být po odeznění povodně doplněny z méně zasažených přítoků. Zdá se však, že raků pruhovaných ve velkých řekách u nás ubylo už po roce 2002 (Petrusek et al. 2006). Tehdy došlo k ještě větší povodni než v roce 2006 a pokles populací raků by tedy mohl být vysvětlen, kromě mechanického poškození zvýšenými průtoky, i vyššími koncentracemi hliníku, případně dalších kovů.

Měď

Měď patří mezi kovy, které jsou známé svou silnou toxicitou pro vodní živočichy. V přírodě se vyskytuje nejčastěji ve formě sulfidů, ze kterých se dostává do vod rozkladem sulfidických rud. Je součástí i dalších minerálů. Antropogenním zdrojem mědi mohou být odpadní vody z povrchové úpravy kovů a aplikace preparátů, které se používají proti nadměrnému rozvoji řas a sinic. Dalším zdrojem mohou být i atmosférické depozice.

Měď je značně toxická pro vodní organismy, přičemž toxicita závisí na formách jejího výskytu. Málo rozpustné nebo nerozpustné sloučeniny mědi nesnadno pronikají do organismu vodních živočichů a jsou proto méně toxické. Toxicita mědi se rovněž snižuje se zvyšující se koncentrací vápníku ve vodě

(Lloyd 1992). K úhynu některých citlivých vodních organismů může dojít i při koncentracích nižších než 0,05 mg.l^{-1} (Pitter 1999). Naopak u raka pruhovaného bylo zjištěno, že je vysoce odolný i vůči několika miligramům mědi obsaženým v litru vody (Laurent 1973, Guner 2007). Guner (2007) zjistil, že raci žijící ve sladkých vodách mají velkou schopnost rychle hromadit, ale i následně vylučovat měď z organismu. Ačkoli rozpuštěná měď je pro mnoho vodních organismů obecně považována za jedovatý prvek, pro raka je tento kov důležitou součástí krevního barviva (Allinson et al. 2000). Podle Pittra (1999) je měď esenciálním stopovým prvkem pro veškeré organismy.

Na žádné lokalitě s výskytem raka nebyla naměřena vyšší hodnota mědi, než povoluje nařízení vlády č. 71/2003 Sb. (0,04 mg.l^{-1}). Koncentrace rozpuštěné mědi se u většiny vodních toků v ČR pohybuje v poměrně úzkém koncentračním rozmezí 0,001 - 0,005 mg.l^{-1}.

Zinek

Mezi kovy, které jsou známé svou silnou toxicitou pro vodní živočichy, patří i zinek. Je běžnou součástí hornin, půd a sedimentů. Větší množství zinku se dostává do podzemních vod při oxidačním rozkladu sulfidických rud. Antropogenním zdrojem je především atmosférický spad a do atmosféry se zinek dostává při spalování fosilních paliv a při zpracování neželezných rud. Z průmyslových odpadních vod je obsažen např. ve vodách ze zpracování zinkových rud a povrchových úpraven kovů. Také hnojiva obsahují zinek jako znečišťující příměs. Dalším zdrojem mohou být i deponované čistírenské kaly (Pitter 1999).

Zinek patří mezi esenciální stopové prvky pro člověka, zvířata i rostliny (Pitter 1999). Vyšší koncentrace vápníku ve vodě snižují toxicitu zinku pro vodní živočichy (Lloyd 1992).

Nařízení vlády č. 71/2003 Sb. stanovuje imisní standard pro zinek 1,0 mg.l^{-1} pro kaprové a 0,3 mg.l^{-1} pro lososové vody. Na lokalitách s výskytem raka kamenáče byla většina hodnot pod mezí stanovitelnosti, tedy pod 0,005 mg.l^{-1}. Oba druhy našich původních raků byly nalezeny ve vodách s daleko nižšími koncentracemi zinku, než stanoví nařízení vlády č. 71/2003 Sb. Na všech sledovaných lokalitách byly koncentrace zinku velmi nízké, přičemž na lokalitách s výskytem raka kamenáče byly hodnoty signifikantně nižší než na lokalitách s ostatními druhy raků.

Vápník

Vápník je v přírodě dosti rozšířený. Zemská kůra obsahuje asi 0,035 hmotnostního % vápníku. Do vody se dostává rozkladem hlinitokřemičitanů vápenatých a ve větších koncentracích rozpouštěním vápence, dolomitu, sádrovce a

jiných minerálů. Antropogenním zdrojem vápníku mohou být některé průmyslové odpadní vody z provozů, ve kterých se kyseliny neutralizují vápnem, vápencem nebo dolomitem. Vody se obohacují vápníkem také při odkyselování podzemních vod hydroxidem vápenatým nebo filtrací přes různé odkyselovací hmoty (Pitter 1999).

Přestože nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly v koncentraci vápníku mezi lokalitami s výskytem raků a bez raků v České republice (Svobodová et al. 2009), tento parametr zařazujeme. Experimentální studie ukazují, že se snižují možnosti přežití korýšů, pokud je koncentrace vápníku ve vodním prostředí menší než 5 $mg.l^{-1}$, přestože je částečně možná kompenzace nízkých koncentrací vápníku přijímanou potravou (Rukke 2002). Pod touto hranicí není také možná kompletní kalcifikace krunýře a snižuje se váhový i velikostní přírůstek raků. Minimální potřebné hodnoty koncentrace vápníku ve vodě pro dobrý vývoj raků uvádí Rukke (2002) 5 $mg.l^{-1}$, Foster (1995) 6.4 $mg.l^{-1}$ a Bohl (1987) 7 $mg.l^{-1}$. V nařízení vlády č. 71/2003 Sb. pro vápník nejsou stanoveny imisní standardy.

Nejnižší zaznamenaná průměrná hodnota Ca s výskytem raka říčního byla 6,5 $mg.l^{-1}$ na Mži a jejích přítocích. Průměrné hodnoty Ca na lokalitách s raky i bez raků v ČR byly relativně vysoké, pohybovaly se mezi 45 - 55 $mg.l^{-1}$.

Podle Lloyda (1992) se se zvyšující koncentrací vápníku ve vodě snižuje toxicita mědi a zinku pro ryby, přičemž toto tvrzení v omezené míře platí i pro účinky kadmia a olova. Vápník je také nejdůležitějším bazickým kationtem, jehož množství v půdách velmi ovlivňuje schopnost vod a půd neutralizovat kyselou depozici (Hruška et al. 2006). Bylo zaznamenáno několik toků na Brdsku, kde se vápník vyskytoval pod koncentrací 1,7 $mg.l^{-1}$. Současně zde bylo nízké pH a vysoké koncentrace hliníku. Jedním z těchto toků byl Třítrubecký potok. Po soutoku Třítrubeckého potoka s Klabavou se snížila koncentrace vápníku, snížila se hodnota pH a zvýšila se koncentrace hliníku. Ačkoliv se na Klabavě nad soutokem s Třítrubeckým potokem hojně vyskytuje rak kamenáč, pod soutokem byli raci v Klabavě opět nalezeni až po několika kilometrech.

Vodivost

Vodivost, neboli elektrolytická konduktivita, je míra koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody (Pitter 1999). Imisní standard pro vodivost v nařízení vlády 71/2003 Sb. není stanoven.

Na území ČR se vyskytují lokality, které hodně překračují hodnoty vodivosti na lokalitách s výskytem raků uváděné v literatuře. Například Bohl (1987) uvádí hodnotu vodivosti pro raka říčního a raka kamenáče v rozmezí 80 - 700 $\mu S.cm^{-1}$.

Měření ostatních autorů se pohybuje také v tomto rozmezí (Foster 1995, Rallo & Garcia-Arberas 2002, Westman et al. 2002, Schulz et al. 2006b, Trouilhé et al. 2007). Přesto byla zaznamenána vodivost 3 360 $\mu S.cm^{-1}$ na Kocábě s výskytem raka říčního. Lokalita se nachází v oblasti dolů s těžbou uranu a s několika odkalovacími nádržemi. Hodnota byla nejspíše způsobena vysokou koncentrací síranů (1 534 $mg.l^{-1}$) a vápníku (271 $mg.l^{-1}$). Průměrná hodnota konduktivity na tomto toku v roce 2007 byla 2 014 $\mu S.cm^{-1}$ a průměrná hodnota u síranů byla 647 $mg.l^{-1}$. Průměrná konduktivita ze všech lokalit s výskytem původního raka říčního byla daleko nižší a činila 417 $\mu S.cm^{-1}$ (Svobodová et al. 2009). Průměrná hodnota vodivosti na lokalitách s rakem kamenáčem byla 446 $\mu S.cm^{-1}$ a s rakem pruhovaným 418 $\mu S.\ cm^{-1}$.

Hnojiva a pesticidy

Raci jsou velmi citliví na organická i anorganická hnojiva a pesticidy, včetně jejich reziduí. Již v první polovině 20. století sledoval Dyk (1940) negativní účinky splachů průmyslových a statkových hnojiv na raky. Krupauer (1982) poukazoval na rychlé mizení raků vlivem intenzifikace rybníkářství, ale i zemědělství. Svobodová et al. (1987) uvádí několik druhů toxických látek, které způsobují úhyn raků. Patří mezi ně například lindan nebo dříve používané DDT. Toxicita látek vzrůstá se zvyšující se teplotou vody. Tyto cizorodé látky v toxicky působících koncentracích způsobují vylézání raků na břeh, kde hynou za příznaků nervových křečí.

Použití pesticidů k likvidaci nepůvodních druhů

Toxicita různých pesticidů pro živočichy je velmi variabilní a existují o ní jen neúplné informace. Akutní toxicitou pesticidních přípravků Reglone a Sumithion Super a chemické látky p-nitrofenol pro IV. vývojové stadium raka signálního ve věku 31 dní po osamostatnění se zabýval Policar et al. (2001). P-nitrofenol se využívá ve vodní toxikologii. Reglone se používá jako herbicidní přípravek v zemědělství k desikaci zemědělských plodin, likvidaci dvouděložných jednoletých plevelů a dále k likvidaci pobřežních a bahenních plevelů a nežádoucí vynořené vegetace. Sumithion Super se používá jako insekticidní přípravek určený k hubení škůdců kulturních rostlin. Z výsledků vyplynulo, že nejtoxičtější byl pro ráčata raka signálního přípravek Sumithion, méně toxický byl p-nitrofenol. Nejnižší akutní toxicitu vykazoval přípravek Reglone. Raci byli sledováni i delší dobu po experimentu. Po umístění do čisté lázně byl zaznamenáván počet následně uhynulých organismů. U přípravku Reglone, který vykazoval nejnižší akutní toxicitu, došlo k výrazně vyšší mortalitě v průběhu následného sledování ráčat.

V posledních letech se testy toxicity většinou prováděly na nepůvodních druzích raků. Účelem těchto testů bylo zjistit, kterými pesticidy lze vyhubit invazivní druhy raků, aniž by se příliš poškodilo přírodní prostředí. Z testovaných látek byly pro hubení raků vyhodnoceny jako nejúčinnější insekticidy (Eversole & Sellers 1997). Z těchto látek byl pro raky nejvíce toxický syntetický pyrethroid, který je i levnější než další testovaná látka přírodní pyrethrum. Přírodní pyrethrum je rostlinný insekticid z květů *Chrysanthemum cinerariaefolium* a *C. cineum* (Peay et al. 2006) a je často užívaný jako organický insekticid proti lezoucímu i létajícímu hmyzu. Rychlá biotransformace má za následek minimální toxicitu pro člověka a teplokrevná zvířata. Díky této velmi snadné odbouratelnosti a nízké toxicitě insekticid nezanechává toxická rezidua, a proto je ekologicky nejméně závadný, přesto je kromě vodních korýšů toxický i pro hmyz a ryby.

Souty-Grosset et al. (2006) citují autory Eversole et al. (1996), kteří porovnávali koncentrace LC_{50} nebo EC_{50} různých insekticidů na racích rodu *Procambarus* nebo *Orconectes*, pstruhu duhovém (*Oncorhynchus mykiss*) jako zástupci ryb a dafnii (*Daphnia magna* nebo *Daphnia pulex*) jako zástupci korýšů. S výjimkou heptachloru byli raci ke všem insekticidům více odolní než dafnie. Pstruh duhový byl více citlivý pouze na dva insekticidy, a to na azinphos-methyl a chlorpyrifos, které se používají na ošetření ovoce a vinic. Na rozdíl od pstruha duhového raci špatně snášeli parathion-ethyl nebo parathion-methyl.

Z výsledků je vidět, že použití pesticidů na vyhubení invazivních raků je velmi problematické a neobejde se bez ovlivnění integrity celého ekosystému.

Jak je to tedy s jakostí vody a raky?

Výskyt našich původních raků je pravděpodobnější na lokalitách, které splňují imisní standardy čistoty vody pro lososové vody (Svobodová et al. 2008). Bylo zaznamenáno i několik toků s našimi původními raky, které překračovaly standardy jak pro lososové, tak i pro kaprové vody. V těchto případech mohou být negativní faktory jakosti vody vyváženy jinými přírodními faktory natolik, že se raci mohou přizpůsobit i zdánlivě nepříznivým podmínkám. Výsledky našeho hodnocení ukazují, že raky nelze považovat za jednoznačné bioindikátory kvality vody. Při hodnocení byly zaznamenány podobné nároky na jakost vody u našich dvou původních druhů raků - raka říčního a raka kamenáče. Jakost vody na lokalitách s rakem pruhovaným byla významně horší.

Přestože se znečišťování vodních toků (charakterizované ukazateli BSK_5, $CHSK_{Cr}$, NL) na sledovaném území České republiky snižuje, narůstá význam znečišťování látkami, které jsou obtížněji odstranitelné (vybrané specifické po-

lutanty, farmaka atd.). Do budoucna je potřeba se zaměřit na tyto nebezpečné látky ve vodách, které budou mít stále větší negativní vliv na stav vodního společenstva. Opatření vedoucí k zachování a obnovení populací původních evropských raků a jejich přirozeného prostředí je v současné době jednou z priorit v ochraně vodních ekosystémů v České republice - udržení původních populací raků je navíc jedním z důležitých kroků, jak zabránit celkovému poklesu biodiverzity přírodního prostředí. Jednou z cest, jak tyto kriticky ohrožené druhy zachovat, je zlepšování jakosti vody.

5. Statut ochrany našich raků

5.1. Červené seznamy

Ze všech pěti druhů raků vyskytujících se na našem území jsou v **Červeném seznamu ohrožených druhů České republiky** uvedeny dva druhy ve dvou odlišných kategoriích (Štambergová et al. 2005):

Austropotamobius torrentium (Schrank, 1803) - rak kamenáč: **kriticky ohrožený - critically endangered (CR)**

Astacus astacus (Linnaeus, 1758) - rak říční: **ohrožený - endangered (EN)**

Nejvýznamnější mezinárodní nevládní organizace, zaměřená na ochranu přírody, IUCN (Světový svaz ochrany přírody, angl. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources), vydává rovněž celosvětový **Červený seznam ohrožených druhů** (IUCN 2009). Tato organizace připravovala od roku 1989 návrh nových kategorií a kritérií pro zařazování druhů a nižších taxonů do červených seznamů a jejich komentovaný český překlad uvádí Plesník & Cepáková (2005).

V Červeném seznamu celosvětově ohrožených druhů jsou z našich raků uvedeny dva druhy a oba zařazeny do kategorie **zranitelný - vulnerable B2bce+3bcd** (IUCN 2009):

Austropotamobius torrentium (Schrank, 1803) - rak kamenáč

Astacus astacus (Linnaeus, 1758) - rak říční.

5.2. Statut ochrany na mezinárodní úrovni

5.2.1. Mezinárodní úmluvy

Úmluva o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť (Bern, 1979 - „Bernská úmluva“) - *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*:

Austropotamobius torrentium (Schrank, 1803) - rak kamenáč

Astacus astacus (Linnaeus, 1758) - rak říční

řazeny do přílohy III. jako chráněné druhy živočichů.

Česká republika přistoupila k této úmluvě 8. října 1997 a v platnost zde vstoupila 1. června 1998. Patří mezi nejvýznamnější evropské, resp. mezinárodní úmluvy týkající se ochrany přírody. Jejím cílem je ochrana planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a jejich přírodních stanovišť, jejichž ochrana vyžaduje celoevropskou spolupráci.
web: http://conventions.coe.int/Treaty/en/Treaties/Word/104.doc

Nepřímo k ochraně raků přispívá i **Úmluva o mokřadech majících mezinárodní význam především jako biotopy vodního ptactva** neboli „Ramsarská úmluva" (zajišťuje především ochranu vodních a mokřadních ekosystémů a biotopů vodních a na vodu vázaných druhů, a to nejen ptáků).

5.2.2. Legislativa ES

Směrnice Rady č. 92/43/EEC, o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin („směrnice o stanovištích", Habitats Directive):

rak kamenáč - *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) zařazen do přílohy II (druhy živočichů a rostlin v zájmu společenství, jejichž ochrana vyžaduje vyznačení zvláštních území ochrany)

rak kamenáč - *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) i rak říční - *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) jsou pak zařazeni také do přílohy V (druhy živočichů a rostlin v zájmu společenství, jejichž odchyt a odebírání ve volné přírodě a využívání může být předmětem určitých opatření na jejich obhospodařování).

Směrnice Rady č. 92/43/EEC z 21. května 1992 o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin, tzv. směrnice o stanovištích byla přijata v rámci Evropských společenství (ES) v roce 1992. Představuje spolu se směrnicí 79/409/EEC o ochraně volně žijících ptáků nejvýznamnější předpisy ES v ochraně biodiverzity a v zájmu uchování evropského přírodního bohatství zakotvuje pro členské státy ES požadavek na zajištění ochrany ohrožených typů stanovišť (příloha I) a druhů (příloha II) prostřednictvím ochrany vybraných území (lokalit) jejich výskytu (jako součást soustavy Natura 2000) a zajištění přísné ochrany nejvíce ohrožených druhů na celém území členských států (příloha IV). Pro druhy uvedené v příloze V ukládá povinnost sledovat stav a případné využívání těchto druhů a umožňuje přijmout případná opatření. Povinnosti vyplývající z této směrnice byly transponovány v roce 2004 do zákona o ochraně přírody a krajiny.

Z ustanovení evropské Směrnice o stanovištích vyplývá rovněž povinnost pravidelného sledování stavu všech evropsky významných druhů a typů přírodních stanovišť a podávání hodnotících zpráv v šestiletých cyklech. Stav druhů je sledován v tomto případě v celém areálu, tzn. nejen na evropsky významných lokalitách (lokalitách soustavy Natura 2000). V červnu 2007 byla Evropské komisi předána první zpráva hodnotící stav evropsky významných druhů a biotopů z hlediska jejich ochrany (Dušek et al. 2007), další bude následovat v roce 2013. Pro její kvalitní zpracování je důležitým podkladem dostatečné množství informací o sledovaných lokalitách, a z tohoto důvodu byly vypracovány metodiky monitoringu, tj. pravidelně se opakujícího sledování lokalit a druhů v určitých časových cyklech. Právě dlouhodobý monitoring by měl přinést zásadní poznatky o současném stavu populací druhů v naší přírodě, případně jejich šíření či vlivech, které je negativně ovlivňují.

Kompletní verze prvních hodnotících zpráv včetně obecné části popisující přípravu soustavy Natura 2000 jsou dostupné například na internetových stránkách:
http://ec.europa.eu/environment/nature/index_en.htm
http://biodiversity.eionet.europa.eu/article17
http://www.biomonitoring.cz.

Box 5
Monitoring raka kamenáče a raka říčního u nás

U raka kamenáče jsou sledovány populace na všech lokalitách výskytu ve dvouletých periodách. Rak říční je monitorován stejným způsobem ve vodních tocích, navíc je sledován jeho výskyt ve stojatých vodách (pravidelně vypouštěných rybnících). Veškeré monitorovací aktivity jsou prováděny podle jednotných metodik (Příloha 4, 5), rovněž dostupných a volně stažitelných na internetových stránkách (http://www.biomonitoring.cz). V případě raka kamenáče je od roku 2008 v rámci monitoringu populací sledována také jeho náročnost na kvalitu vody a opakovaně jsou odebírány vzorky vody na převážné většině známých lokalit (viz kapitola 4).

Nepůvodních druhů raků se (byť neadresně) týká **Nařízení Rady (ES) č. 708/2007 o používání cizích a místně se nevyskytujících druhů v akvakultuře,** přijaté dne 11. června 2007. Jedná se o nový evropský předpis regulující

chov a využívání nepůvodních druhů v rybářské produkci (akvakultuře), který obsahuje aplikovatelnou definici nepůvodního druhu, povinnost provádět hodnocení rizika, nezbytnost přijímat vhodná opatření proti šíření chovaných druhů a další potřebné nástroje. Nařízení je druh předpisu ES, který je přímo aplikovatelný, ale přesto jsou pro jeho aplikaci potřebné některé úpravy v národní legislativě, které dosud nebyly provedeny (chybí např. stanovení kompetencí atp.).

5.3. Právní úprava v České republice

5.3.1. Zákon o ochraně přírody a krajiny (č. 114/1992 Sb.), v platném znění

Zákon České národní rady č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, který byl naposledy významně novelizován na podzim roku 2009 (dále jen ZOPK), zahrnuje tzv. zvláštní druhovou ochranu, tedy přísnější ochranu vzácných a ohrožených, popř. jinak významných druhů. Pro tyto druhy uvedené v seznamu zvláště chráněných druhů (vyhláška MŽP ČR č. 395/1992 Sb.) je stanoven v § 50 ZOPK **zákaz** škodlivě zasahovat do jejich přirozeného vývoje, chytat je, sbírat, rušit, přemisťovat, držet, chovat v zajetí, dopravovat, prodávat, vyměňovat, nabízet za účelem prodeje nebo výměny, zraňovat, ničit, poškozovat či usmrcovat, a to ve všech jejich vývojových stadiích. Stejně jako zvláště chráněný živočich je chráněn i mrtvý jedinec tohoto druhu, jeho rozpoznatelná část nebo výrobek z něho (§ 48 odst. 4). Chráněna jsou rovněž jimi užívaná přirozená i umělá sídla a jejich biotop (§ 50 odst. 1). Ustanovení § 54 odst. 3 ZOPK dále omezuje (váže na souhlas orgánu ochrany přírody) vypouštění v zajetí narozených a odchovaných jedinců zvláště chráněných druhů.

V seznamu zvláště chráněných druhů v příloze č. III vyhlášky MŽP ČR č. 395/1992 Sb. jsou uvedeny oba naše původní druhy raků i rak bahenní v následujících kategoriích:

rak kamenáč (*Astacus torrentium*): **kriticky ohrožený**
rak říční (*Astacus fluviatilis*): **kriticky ohrožený**
rak bahenní (*Astacus leptodactylus*): **ohrožený**

Pozn.:

Citováno je platné znění vyhlášky, ve které jsou uvedeny názvy využívané v době jejího vzniku, v roce 1992. V současnosti platné vědecké názvy druhů přináší kapitola 3.3. Z hlediska zákona o ochraně přírody a krajiny je možné doporučit komentář k zákonu Miko et al. (2005).

Ze zákazů u zvláště chráněných druhů, tedy i raků, lze v určitých případech povolit v souladu s § 56 ZOPK výjimku. Nově přijatá novela zákona rozlišuje při povolování výjimky mezi druhy chráněnými podle práva Evropských společenství a ostatními zvláště chráněnými druhy (chráněnými pouze v národním zájmu) - i v případě raků tak bude odlišný postup, resp. podmínky pro povolení výjimky - v případě raka kamenáče jako druhu chráněného dle Směrnice o stanovištích a ostatních druhů. V případě raka kamenáče budou muset být splněny veškeré podmínky uvedené v § 56 odst. 1 a 2 ZOPK, tedy převaha jiného veřejného zájmu, neexistence jiného uspokojivého řešení, důvod dle § 56 odst. 2 ZOPK a zachování populace v příznivém stavu; v případě ostatních druhů (raka říčního a raka bahenního) bude v řízení o povolení výjimky posuzována pouze převaha jiného veřejného zájmu nad zájmem ochrany přírody. Nově bude také možné podle § 56 odst. 5 ZOPK pro provádění některých činností (např. za účelem výzkumu) uzavírat dohody, které při splnění zákonem stanovených podmínek nahradí rozhodnutí o výjimce.

Podle nově platného znění zákona č. 114/1992 Sb. jsou pro povolování výjimek kompetentní následující orgány ochrany přírody:

- krajské úřady (nově pro všechny kategorie zvláště chráněných druhů) ve své územní působnosti, nejde-li o národní park nebo chráněnou krajinnou oblast, národní přírodní rezervaci, národní přírodní památku a ochranná pásma těchto zvláště chráněných území anebo o vojenské újezdy
- správy národních parků a chráněných krajinných oblastí na území národních parků, chráněných krajinných oblastí, národních přírodních rezervací, národních přírodních památek a ochranných pásem těchto zvláště chráněných území, nejde-li o vojenské újezdy (příslušnost Správ k jednotlivým NPR a NPP bude stanovena vyhláškou MŽP)
- na území vojenských újezdů udělují výjimky z ochranných podmínek pro všechny tři kategorie zvláště chráněných druhů újezdní úřady (§ 78a odst. 1), na pozemcích určených pro účely obrany státu Ministerstvo životního prostředí (§ 79 odst. 3 písm. l).

Kromě institutu zvláštní druhové ochrany je významným nástrojem ochrany raků a jejich biotopů také tzv. zvláštní územní ochrana a jejím prostřednictvím také zajištění naplňování požadavku Směrnice o stanovištích, tedy ochrana evropsky významných lokalit (EVL; v rámci soustavy Natura 2000). Novelou zákona zavedená tzv. základní ochrana EVL nebude v případě lokalit s výskytem raků příliš uplatnitelná s ohledem na potřebu vyloučit řadu specificky působících nepříznivých vlivů. Raci jsou přímo předmětem ochrany řady zvláště chrá-

něných území (zejména PR a NPP nebo PP) a EVL, nebo jsou součástí vodních ekosystémů chráněných v rámci NPR nebo velkoplošných chráněných území (CHKO a NP).

Pro raka kamenáče - *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) jako druh přílohy II Směrnice o stanovištích byly vybrány nejcennější lokality, které budou jako evropsky významné lokality zařazeny do soustavy Natura 2000 (Tab. 5).

Tab. 5. Výčet navržených EVL lokalit, v nichž je rak kamenáč hlavním předmětem ochrany

Zákolanský potok	CZ0213016
Týřov - Oupořský potok	CZ0214011
Stroupínský potok	CZ0214039
Padrťsko	CZ0214042
Bradava	CZ0323145
Mešenský potok	CZ0323156
Přešínský potok	CZ0323161
Radbuza - Nový Dvůr - Pila	CZ0323166
Zlatý potok	CZ0323170
Huníkovský potok	CZ0423001
Bezejmenný přítok Trojhorského potoka	CZ0423198
Luční potok - Třebušín	CZ0423219
Luční potok v Podkrkonoší	CZ0523823

Bližší informace týkající se evropsky významných lokalit lze najít na internetových stránkách www.natura2000.cz.

K **nepůvodním druhům raků**, tj. rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) a rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), se v rámci zákona o ochraně přírody a krajiny vztahuje § 5 odst. 4 ZOPK, podle kterého **záměrné rozšíření** geograficky nepůvodního druhu do krajiny **není možné** bez povolení orgánu ochrany přírody (OOP). Příslušným OOP jsou obce s rozšířenou působností. V národních parcích, chráněných krajinných oblastech, národních přírodních rezervacích a přírodních rezervacích platí **zákaz povolování a uskutečňování úmyslného rozšiřování geograficky nepůvodních druhů** (§ 16 odst. 1 písm. h; § 26 odst. 1 písm. d; § 29 písm. e; § 34 odst. 1 písm. d). Výjimku ze zákazu ve zvláště chrá-

Obr. 74. Příklad navržené evropsky významné lokality pro raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Luční potok v Podkrkonoší, 9. 7. 2008. Foto M. Štambergová.

něných územích může podle nově platného znění § 43 povolit Správa CHKO či NP, jde-li o zájem ochrany přírody nebo jiný převažující zájem, a v případech výrazně převažujících zájmů (např. záměrů celostátního významu zakotvených ve schválených koncepcích atp.) pak Ministerstvo životního prostředí na základě předchozího souhlasu vlády. Vzhledem ke skutečnosti, že uvedená právní úprava v oblasti nepůvodních druhů neřeší řadu existujících problémů a neodpovídá moderním přístupům v ochraně biodiverzity, je potřeba o to více zdůraznit odpovědnost příslušných OOP při rozhodování o povolení podle § 5 odst. 4 resp. výjimky podle § 43 ZOPK, ale i v řízeních o výjimce podle § 56 ZOPK nebo souhlasu podle § 54 odst. 3 při různé manipulaci s raky a jejich vysazování. V rámci těchto řízení by měla být velmi důsledně brána v úvahu hrozící rizika při rozšiřování račího moru přenášeného nepůvodními druhy, ale i prostřednictvím aktivit prováděných v zasažených povodích (viz kapitoly 6.1. a 6.2.).

5.3.2. Zákon o rybářství (č. 99/2004 Sb.), v platném znění

Zákon o rybářství v sobě nezahrnuje pouze ryby, ale i veškeré vodní organismy, které jsou zdrojem potravy ryb, nebo přirozenou součástí vodního prostředí (§ 1; § 2). V souvislosti s raky přináší tento zákon problematické vymezení pojmu nepůvodního druhu, neboť podle § 2 písm. s se nepůvodní rozumí taková geograficky nepůvodní nebo geneticky nevhodná anebo neprověřená populace ryb a vodních organismů, která se vyskytuje na území jednotlivého rybářského revíru méně než tři po sobě následující generační populace. Ve vazbě na tuto definici je pak nejednoznačně vykládáno omezení vyplývající z § 12 odst. 6 zákona o rybářství, tedy odkaz na nezbytnost povolení dle zvláštního předpisu (dle § 5 odst. 4 ZOPK) a aplikaci tohoto ustanovení.

Otázka, zda zákon o rybářství omezuje či neomezuje možnost odchytávat nepůvodní druhy raků, je také sporná. V § 2 písm. j je obsažena definice lovu a v § 13 pro lov (ryb i ostatních vodních organismů) stanovuje zákon o rybářství podmínky - mj. z tohoto ustanovení nepřímo vyplývá, že lovit (ryby a ostatní vodní organismy) může jen držitel rybářského lístku a povolenky k lovu. Při rigidním postupu podle zákona o rybářství by tak mohly být snahy o regulaci (ale i třeba výzkum) nepůvodních druhů ze strany jiných než rybářských subjektů značně znesnadněny.

5.3.3. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) (č. 254/2001 Sb.), v platném znění

Tento zákon (ve vazbě na Směrnici 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky / Rámcová směrnice/) se v § 35 odst. 3 rovněž dotýká problematiky nepůvodních druhů - konkrétně je dle tohoto ustanovení vázáno vypouštění nepůvodních a geneticky nevhodných a neprověřených ryb a ostatních vodních živočichů do toků a vodních nádrží na souhlas příslušného vodoprávního úřadu (obec s rozšířenou působností - v případě vypouštění nepůvodních druhů raků je tedy nezbytné povolení resp. souhlas jak orgánu ochrany přírody, tak vodoprávního úřadu).

6. Ohrožení a ochrana populací raků a jejich biotopů

Naše původní druhy raků jsou vystaveny působení mnoha negativních faktorů. Vzhledem k tomu, že se na našem území ve volné přírodě vyskytují nepůvodní severoamerické druhy, rak pruhovaný a rak signální, představuje konkurence z jejich strany spojená s hrozbou přenosu račího moru jedno z největších rizik pro populace našich původních raků.

Dalším zásadním ohrožujícím faktorem je v současné době ztráta biotopů vhodných pro život a rozmnožování raků. K úbytku vhodných biotopů vedou lidské aktivity, jako zemědělská a vodohospodářská činnost, průmysl či rybářství, jejichž následkem může být např. znečištění vod, ničení či nešetrné úpravy břehů, koryt a pobřežní vegetace toků nebo zanášení toků sedimenty z různých zdrojů. Výsledky vyhodnocené v rámci mapování AOPK ČR v minulých letech ukázaly, že toky, na kterých se původní ani invazivní raci nevyskytují, vykazují několik shodných vlastností. Jedná se o regulované, nemeandrující toky s pomalu tekoucí vodou nebo naopak úzké, napřímené meliorační stružky s rychle proudící vodou. Koryto bývá upravené, často zahloubené nebo dokonce zatrubněné. Břehy jsou zpevněné položenými kameny zalitými v betonu nebo přímo betonovými panely. Upravené dno bývá často dlážděné nebo je tvořeno betonovými prefabrikáty. Občas bývá jílovité, ale většinou s bahnitým sedimentem. Umělé koryto a absence volných kamenů nevytváří téměř žádné úkryty, které raci nutně potřebují pro přežití. Opevněné břehy neposkytují prostor pro růst břehové vegetace, a tudíž chybí i prorůstání kořenů do profilu koryta, které raci též využívají jako úkryty. Kvůli chybějící břehové vegetaci dochází k přehřívání toku v letních měsících. Regulované toky protékají většinou zemědělskou krajinou, v nejbližším okolí převažují pole. V uměle upraveném, napřímeném toku bez meandrů neprobíhají v dostatečné míře přirozené samočistící procesy. Toky jsou většinou zasažené splachy ze zemědělských ploch nebo nedostatečně čištěnými odpadními vodami. Bývají také častěji postihovány povodněmi při přívalových srážkách.

Kromě výše zmíněných vlivů jsou račí populace často ohroženy také nepřirozeně zvýšeným predačním tlakem, a to např. ze strany invazivně se šířícího norka amerického či do toků vysazovaných pstruhů.

Obr. 75. Invaze Američanů v Evropě (aby nedošlo k nedorozumění, jde o průnik severoamerického raka pruhovaného do evropských vod). Autor Z. Ďuriš.

6.1. Konkurence ze strany nepůvodních druhů raků

Introdukce nepůvodních druhů může obecně způsobit narušení celých ekosystémů, jedinečných a vyvážených ucelených jednotek, které vznikaly působením přírodního výběru po tisíce až miliony let (Unestam 1975). V Evropě došlo k vysazení a následnému invazivnímu šíření raků původem ze Severní Ameriky s mnoha negativními dopady na vodní ekosystémy. Severoameričtí raci byli někdy vysazováni ve velkém, často se však jednalo spíše o malé počty introdukovaných jedinců. Někdy byli raci vysazeni za účelem pozdějšího lovu a konzumace či z estetických důvodů, jindy byli vypuštěni např. z akvarijních chovů. Potomci takto vysazených jedinců dokázali nahradit mnohé původní populace raků evropských (Henttonen & Huner 1999). U nás už mnohé lokality obsadily severoamerické druhy rak pruhovaný a rak signální, na jihu Evropy se šíří teplomilný rak červený. Jak je popsáno v následující kapitole 6.2.5., největší hrozba severoamerických raků spočívá v jejich schopnosti přenášet onemocnění nazývané račí mor, vůči kterému jsou sami výrazně odolnější než druhy

evropské. Mnoho populací severoamerických raků je trvalými zdroji původce nemoci (Kozubíková et al. 2009).

Kromě přenosu račího moru mohou exotické druhy vytlačit populace původních raků svou větší schopností konkurence. Na rozdíl od evropských druhů jsou severoameričtí raci, zejména výše uvedených druhů, agresivnější a tolerantnější k nepříznivým či měnícím se podmínkám prostředí, zejména zvýšené teplotě a nižší koncentraci rozpuštěného kyslíku (Huner & Lindqvist 1995, Payne 1997). Jde o tzv. r-stratégy, tedy druhy, pro něž je charakteristické časnější dosažení pohlavní dospělosti, vysoká rychlost růstu, větší množství potomstva, které je produkováno už od nízkého věku, menší velikost jedinců (až na výjimky - např. rak signální dosahuje poměrně značných rozměrů), vysoký stupeň úmrtnosti a krátký životní cyklus (Lindqvist & Huner 1999). Podrobnější informace o zmíněných konkurenčních výhodách uvádí v češtině Buřič et al. (2009). Všichni tři invazivní zástupci mají rozsáhlé původní areály v Severní Americe, což svědčí o jejich schopnosti úspěšně se šířit i v minulosti (Lindqvist & Huner 1999).

Nutno zmínit, že se výjimečně vyskytují i případy koexistence původních a nepůvodních severoamerických druhů. Takovým příkladem může být výskyt raka říčního a raka signálního v malém jezeře na jihu Finska (Westman et al. 2002). Souběžně se na téže lokalitě oba druhy vyskytovaly po dobu 30 let bez známek račího moru, přičemž v 70. a začátkem 80. let 20. století jasně převažoval rak říční. Nicméně následně došlo k posunu relativní početnosti obou druhů a v 90. letech se již rak signální stal na lokalitě dominantním. Jako hlavní důvod potlačení raků říčních se jevily v první fázi lov a mezidruhová konkurence a následovala porucha reprodukce raka říčního, která způsobila výraznou početní převahu nepůvodního raka signálního (Westman et al. 2002). Dlouhodobou koexistenci raka říčního s rakem pruhovaným v několika polských jezerech, která však také vyústila v postupné převážení nepůvodního druhu, pozorovali i autoři studie Schulz et al. (2006a). Případy dlouhodobějšího soužití našich a severoamerických raků jsou známy i z území České republiky (viz kapitola 6.2.5.).

Introdukce severoamerických raků do Evropy však může mít i příznivé dopady. Ackefors (1999a) mezi ně řadí rychlou obnovu tradičních zdrojů obživy po vymizení původních raků (např. lov raků ve Švédsku), rozmanitost zemědělství zahrnující chov raků (např. račí farmáři ve Velké Británii a Švédsku), rozvinutí výzkumu, tvorbu nových vodních ploch, znovuzaplnění jezer druhy odolnými račímu moru (např. Finsko a Švédsko), prevenci proti zarůstání jezer vodními rostlinami (např. Finsko a Švédsko), socioekonomické výhody lidem na venkově a vzrůstající obchod mezi zeměmi v rámci Evropy i mimo ni. Autor uvá-

dí, že v roce 1994 tvořily introdukované druhy rak signální a rak červený 64 % celkového úlovku raků v Evropě, přičemž rak červený převládá, a ročně se v Evropě uloví alespoň 2 000 - 3 000 tun, někdy až 5 000 tun raků tohoto druhu.

I přes uvedený úhel pohledu považuje většina vědců introdukce exotických druhů do vodního prostředí za riskantní záležitost, která může zapříčinit mnoho nepředvídatelných problémů. Kromě vytlačení původních račích populací a přenosu nemocí spadá mezi nepříznivé vlivy přítomnosti nepůvodních severoamerických raků i zvýšená konzumace rybích vajíček, jejímž následkem může dojít k redukci rybích populací, konzumace velkého množství bezobratlých a makrofyt či vytlačení obojživelníků (Holdich 1999). Rak červený je považován za škůdce na rýžových polích (Unestam 1975). Nepůvodní raci mohou tvorbou nor zapříčinit poškození zavlažovacích systémů i břehů řek a jezer (Holdich 1999). Tyto všechny faktory mohou vést k nenávratnému narušení sladkovodních biotopů. Podle Holdiche (1999) patří mezi problematické druhy jen několik zástupců v porovnání s celkovým množstvím račích druhů na světě, a to: rak signální v Kalifornii a Evropě, rak pruhovaný v Evropě, *Orconectes rusticus* v Severní Americe, rak červený v Africe, Kalifornii, Evropě a mnoha dalších částech světa, rak bahenní v Evropě a *Cherax destructor* v Africe a Austrálii. Všechny uvedené označuje za invazivní druhy, které velmi rychle vytvářejí bohaté populace.

Historie severoamerických druhů v Evropě ukazuje pouze na dva možné způsoby, jež mohou invazivní raky omezit v expanzi na nová stanoviště, a to fyzické a klimatické bariéry (Lindqvist & Huner 1999). Efektivní způsob likvidace nepůvodních raků bez značného negativního dopadu na celý ekosystém zatím není znám (Filipová et al. 2006c). Z dostupných dat vyplývá, že pokud je jednou exotický druh raka vysazen do tekoucí či stojaté vody, může vzniklá populace vyvolat značný nepříznivý tlak na prostředí a v mnoha případech způsobit nenahraditelné změny v druhové diverzitě. Proto by každá snaha měla vést k zamezení introdukcí jakýchkoli druhů raků mimo jejich přirozený areál, neboť lze snadno předpokládat, že dovoz račích druhů pro akvakulturní účely může snadno vést k založení rozmnožování schopné populace v přírodě (Hobbs et al. 1989).

Rozšiřování nepůvodních druhů lidmi, ať už s úmyslem či nevědomě z neznalosti, představuje pro původní druhy největší hrozbu, a z tohoto důvodu **by měl být striktně omezen či zakázán prodej nepůvodních druhů v akvaristikách, obchodních řetězcích a podobně**. Vysazení invazivních druhů raků do volné přírody je obdobou znečištění krajiny s tím rozdílem, že se může dále šířit a stále více a mnohdy nenávratně zhoršovat. Vypuštění „domácího mazlíčka“ do vodního ekosystému pak spadá do stejné kategorie jakým je zapálení lesa

v národním parku či vypuštění oleje do řeky. Proto je zásadní introdukcím invazivních druhů a tím i poškozování našeho přírodního dědictví všemi směry bránit.

6.2. Nemoci raků

Raci mohou být negativně ovlivňováni širokým spektrem parazitů a nemocí. Mohou je napadat viry, baktérie, „plísně", prvoci či bezobratlí (Evans & Edgerton 2002, Souty-Grosset et al. 2006). S raky ale žijí také různé organismy v komenzálních vztazích, tzn. že rakům nezpůsobují žádné poškození (např. využívají raky jen jako povrch k růstu nebo se živí nárosty na jejich krunýři, Edgerton et al. 2002). Někdy je však těžké určit hranici, kdy se komenzál už stává parazitem. Pokud je rak poraněn nebo ve stresu, může být napaden i za normálních okolností neškodným organismem (fakultativní parazitismus). Mezi takové příležitostné parazity patří různé baktérie a plísňovité organismy obývající povrch těla i trávicí soustavu či žábry raků (Evans & Edgerton 2002). Příkladem mohou být oomycety z rodu *Saprolegnia* způsobující např. „plesnivění" račích vajíček nebo infekce ran (Souty-Grosset et al. 2006). Raci mohou být také mezihostiteli parazitů (např. motolic a tasemnic), kteří svůj životní cyklus dokončují v jiných živočišných druzích (Evans & Edgerton 2002).

O onemocněních a parazitech uvedených v kapitolách 6.2.1. až 6.2.4. není do současné doby známo, že by na našem území výrazně redukovali populace raků. Nákaza parazity však snižuje kondici raků a činí je citlivější k dalším negativním vlivům prostředí (znečištění vody, nedostatek kyslíku, změny teplot a průtoků a další, Evans & Edgerton 2002). Výzkumu těchto račích parazitů u nás není věnována dostatečná pozornost a u některých nevíme, jestli se u nás vůbec vyskytují a jaký vliv na naše raky mají. Naopak, nejzávažnějším a nejvíce zkoumaným onemocněním raků, které může dokonce ovlivnit dlouhodobé přežití našich původních druhů raků, protože hubí celé jejich populace, je tzv. račí mor (kapitola 6.2.5.). Mimo tuto kapitolu lze další informace o račím moru v češtině nalézt v detailnější rešerši literatury (Kozubíková & Petrusek 2009).

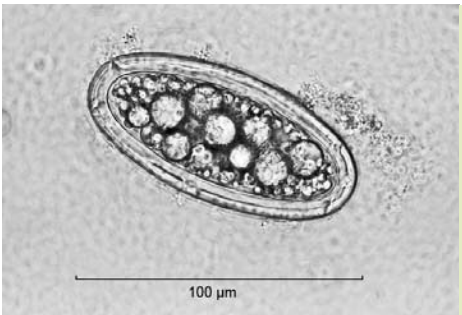
6.2.1. Viry

Virová onemocnění korýšů jsou známá především u mořských desetinožců, např. krevet, u kterých působí rozsáhlé úhyny v chovech vedoucí k výrazným ekonomickým ztrátám (Flegel 1997). Asi nejvýznamnějším virovým onemocněním je tzv. „syndrom bílých skvrn" (angl. white spot disease) napadající i raky

různých druhů (např. rak říční, rak signální) (Jiravanichpaisal et al. 2004). Virové nákazy raků bývají popisovány spíš z akvakultur nebo laboratorních podmínek než z populací volně žijících raků (Evans & Edgerton 2002). U virových onemocnění se ukazuje, že patogenita vzrůstá s vyšší teplotou (Jiravanichpaisal et al. 2004). Viry se šíří kontaktem mezi raky a mohly by být přeneseny i např. ze sladkovodních krevet chovaných v akváriích (Souty-Grosset et al. 2006). Viry mohou přežívat také v mražených krevetách určených ke konzumaci (Nunan et al. 1998). O výskytu virových nákaz raků u nás nemáme doklady, protože tematice není prozatím věnována pozornost.

6.2.2. Prvoci rodu *Psorospermium*

Parazit raků *Psorospermium haeckeli* Hilgendorf, 1883 je prvok patřící fylogeneticky k základům vývojových větví živočichů a pravých hub (Ragan et al. 1996). Celý rod *Psorospermium* je úzce specializovaný na raky, ale jeho taxonomie není dořešena, protože vytváří několik morfotypů, a je otázkou, jestli každému přisoudit status druhu (Souty-Grosset et al. 2006). Parazit napadá tkáně (např. svaly, pojivové tkáně, nervy, žábry, hepatopankreas) různých druhů raků. Byl nalezen jak na původních evropských druzích, tak na racích introdukovaných ze Severní Ameriky (Souty-Grosset et al. 2006). Životní cyklus parazita není detailně znám, ale zdá se, že v tkáních raků se vyvíjí tzv. sporocysty (Obr. 76), z nichž se po uhynutí raka uvolňují do prostředí spory. Přenos na další raky se pravděpodobně může dít skrze trávicí trakt po konzumaci spor (Vogt & Rug 1999). V novém hostiteli vzniká ze spory amébovité stadium, množí se dělením a tvoří v tkáních nové sporocysty (Vogt & Rug 1999). Parazit raky oslabuje a může způsobit uhynutí zejména během svlékání (Souty-Grosset et al. 2006). Je znám spíše z akvakultur. O výskytu tohoto parazita na území České republiky nemáme záznamy.



Obr. 76. Sporocysta *Psorospermium haeckeli* v pojivové tkáni raka říčního (*Astacus astacus*). Foto P. Henttonen. Přejato ze Souty-Grosset et al. (2006).

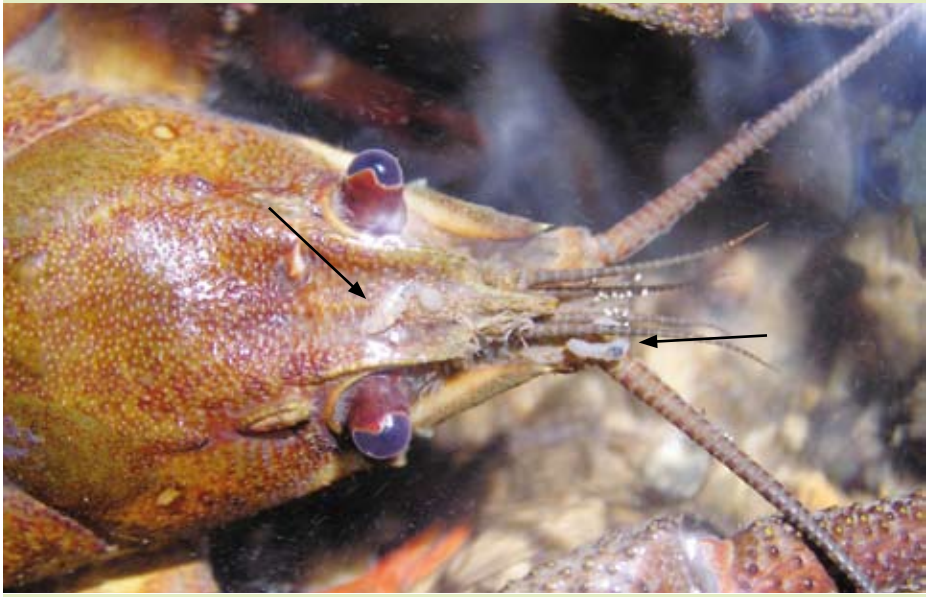
6.2.3. Porcelánová nemoc

Tzv. porcelánovou nemoc způsobuje parazit *Thelohania contejeani* Henneguy, 1892 ze skupiny mikrosporidií (organismy příbuzné pravým houbám). Jsou to vnitrobuněční paraziti s tlustostěnnými sporami obsahujícími aparát určený k injekci obsahu spory do buňky hostitele (Lom et al. 2001). Napadá především svalové buňky zadečku a klepet, ale také další orgány raků (Souty-Grosset et al. 2006). Buňky vyplněné masami nově vzniklých spor bývají vidět především ze spodní strany zadečku. Jsou bělavé až opaleskující, odtud název nemoci. Napadení svalů parazitem oslabuje jejich funkci, raci jsou proto při silné nákaze paralyzováni (Oidtmann et al. 1997). Výjimečně může dojít k masovějšímu hynutí raků v souvislosti s *T. contejeani*, ale obvykle má nákaza chronický průběh a infikovaní raci mohou přežívat měsíce až roky (Skurdal et al. 1990). *T. contejeani* infikuje raky přes trávicí trakt (Souty-Grosset et al. 2006). Spory parazita jsou velmi odolné a mohou přežívat v prostředí mnoho měsíců (Souty-Grosset et al. 2006). Infekce byla nalezena jak na racích říčních, tak na racích ze Severní Ameriky či Austrálie. Ve zkoumaných evropských populacích raků bylo parazitem nakaženo 0,1 až 30 % jedinců (Oidtmann et al. 1997). O rozšíření *T. contejeani* v ČR se ví velmi málo, přestože parazit se u nás vyskytuje. Svědčí o tom nález infikovaného raka z Křtinského potoka (okres Blansko) (Adámek, osobní sdělení).

6.2.4. Potočnice

Potočnice (skupina Branchiobdellida) (Obr. 77) patří mezi kroužkovce (Annelida) příbuzné máloštětinatcům a pijavkám (Souty-Grosset et al. 2006). Mívají velikost několik mm (podle druhu) a obývají povrch těla raků (Obr. 78, 80) nebo jejich žábry (Bádr 2000). Živí se většinou nárosty na těle raků a jejich vliv na hostitele může být negativní, pokud konzumují i tkáně raka (Bádr 2000, Souty-Grosset et al. 2006), neutrální nebo dokonce pozitivní, jestliže např. likvidují nárosty na žábrách, které by jinak znesnadňovaly rakům dýchání (Lee et al. 2009). O vztahu potočnic a raků se stále ví málo a problematika vyžaduje další výzkum. Je však zřejmé, že vztah k hostiteli závisí na druhu potočnice (některé druhy mají sklon k parazitismu) a na podmínkách prostředí (Lee et al. 2009). Vazba potočnic na raky je velmi úzká. Potřebují živé raky pro vývoj svých embryí v kokonech (Obr. 79, 80), což je nejtěsnějším pojítkem mezi nimi a hostiteli. Dospělí jedinci však pravděpodobně mohou přežívat nějakou dobu i volně ve vodním prostředí (Souty-Grosset et al. 2006). Na jednom jedinci mohou být nalezeny desítky až stovky potočnic několika různých druhů (Adámek & Řehulka 2000, Bádr 2000).

Obr. 77. Dospělci potočnice *Branchiobdella parasita*. Foto A. Šídová a L. Žvaková.



Obr. 78. Rak říční (*Astacus astacus*) s potočnicemi (*Branchiobdella* sp.) na rostru a bázi tykadel (šipky). Potok Zátoky nad soutokem s Křibským potokem, 14. 8. 2009. Foto M. Štambergová.

Obr. 79. Samec raka říčního (*Astacus astacus*) s kokony potočnic (*Branchiobdella* sp.) umístěnými na spodní straně těla, především na zadečkových končetinách. Potok Zátoky nad soutokem s Křibským potokem, 14. 8. 2009. Foto M. Štambergová.

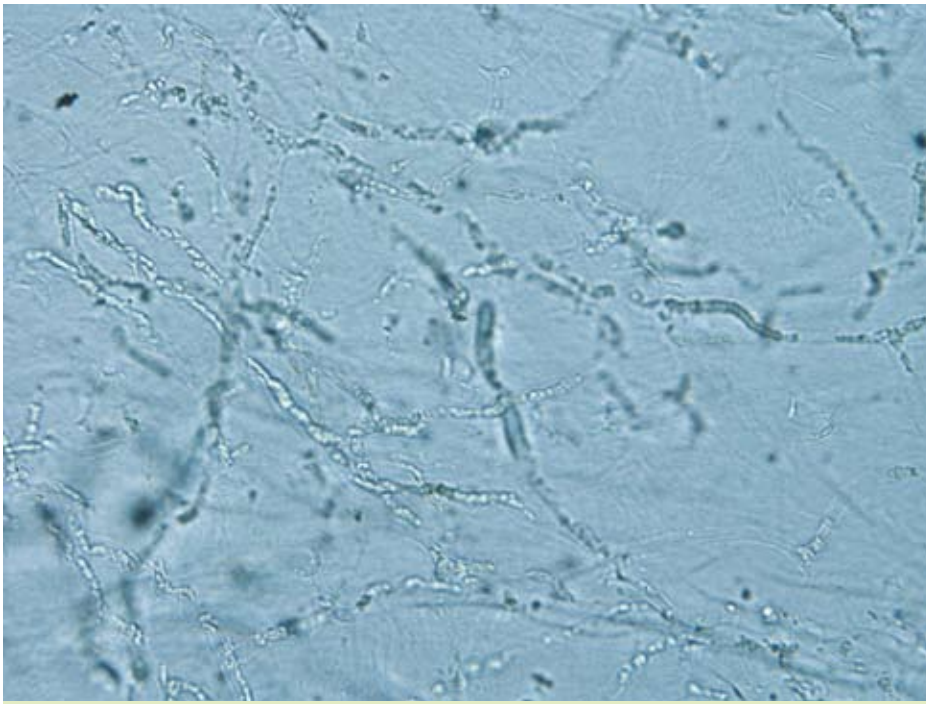
Potočnice jsou skupina s holarktickým rozšířením (Evans & Edgerton 2002). V Evropě se vyskytuje sedm endemických druhů a druhové složení fauny potočnic na racích je regionálně specifické (Füreder et al. 2009). S raky ze Severní Ameriky byly do Evropy introdukovány i další druhy potočnic a evropské druhy byly nalezeny i na racích severoamerických (Ďuriš et al. 2006, Souty-Grosset et al. 2006). U nás jsou tito kroužkovci nacházeni na racích zcela běžně. Druhy potočnic zjištěné na našem území shrnuje Bádr (2000).

Obr. 80. Samice raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) s ráčaty. Dospělé potočnice (*Branchiobdella* sp.) a jejich kokony na spodní straně těla raka (šipky). Luční potok v Podkrkonoší, 9. 7. 2008. Foto M. Štambergová.

6.2.5. Račí mor

Původce račího moru a jeho životní cyklus

Původcem račího moru je *Aphanomyces astaci* Schikora, 1903 ze skupiny Oomycetes (Unestam 1965). Jsou to tzv. vodní plísně, vláknité organismy podobné pravým houbám, avšak příbuznější spíše hnědým řasám a rozsivkám (Sogin & Siiberman 1998). Životní cyklus tohoto druhu je velmi jednoduchý. U *A. astaci* je známo pouze nepohlavní rozmnožování (Alderman & Polglase 1986) a parazit tedy nemá žádná trvalá stadia (vznikající u oomycetů pohlavním procesem), která by dlouhodobě přežívala volně v prostředí mimo jeho výhradní hostitele, raky (Unestam 1972). Nepohlavním procesem vznikají zoospory, které mají životnost několik týdnů (Unestam 1969a, Oidtmann 2000). Jsou velmi citlivé k vyschnutí, což je poznatek velmi důležitý z hlediska prevence šíření račího moru (více viz Box 7). Jejich cílem je pouze najít nového hostitele,



Obr. 81. Vlákna odpovídající charakteristice *Aphanomyces astaci* rostoucí v kutikule raka říčního (*Astacus astacus*) uhynulého na račí mor, lokalita Bojovský potok. Foto E. Kozubíková.

přisednout na povrch jeho těla, vyklíčit a změnit se na vlákno rostoucí v kutikule raka (Söderhäll & Cerenius 1999). Zoospory jsou opatřeny bičíky a jsou schopny tzv. chemotaxe, tedy orientovaného pohybu směrem ke zdroji živin (Cerenius & Söderhäll 1984a). Zoospory však neklíčí na jiném substrátu než na racích, což je mechanismus jejich hostitelské specifity (Söderhäll & Cerenius 1999). Pokud zoospora přisedne na jiný substrát než na raka, je schopna se opakovaně vrátit do volně pohyblivé fáze a pokračovat v hledání správného hostitele (Cerenius & Söderhäll 1984b). Vlákna (hyfy) parazita (Obr. 81) získávají živiny ke svému růstu z tkání raka a za příhodných podmínek vyrůstají opět ven z jeho těla, aby vytvářela zoosporangia uvolňující do vody zoospory. Tím se životní cyklus uzavírá. Zoospory se uvolňují ve velkém množství při hynutí raků a méně také z infikovaných severoamerických přenašečů během jejich života (Söderhäll & Cerenius 1999).

Vliv na různé druhy raků, příznaky a průběh račího moru

A. astaci nemá stejně fatální účinky na všechny druhy raků. Raci původně pocházející ze Severní Ameriky jsou proti tomuto parazitovi odolní, protože jejich imunitní systém obvykle zvládne utlumit infekci už v počátečním stadiu (Unestam 1969b). Jedním z mechanismů imunitní odpovědi raků a dalších bezobratlých na přítomnost parazitů je produkce melaninu, který inhibuje růst např. oomycetů nebo bakterií. Vznikající ložisko infekce je „obaleno" melaninem, což může být někdy viditelné pod mikroskopem nebo i pouhým okem jako červené, hnědé až černé skvrny na kutikule (Söderhäll & Söderhäll 2002). Imunitní systém severoamerických raků reaguje na přítomnost *A. astaci* velmi rychle, protože je neustále připraven k tvorbě profenoloxidázy, enzymu umožňujícího syntézu melaninu (Cerenius et al. 2003). Parazit je melanizací omezován v růstu, avšak nehyne (Oidtmann et al. 2004). Pokud je imunita raka snížena jinými vlivy, může způsobit onemocnění. Raci původem ze Severní Ameriky (u nás jde o raka pruhovaného a raka signálního) mohou být tedy parazitem nakaženi, aniž by uhynuli, a mohou nákazu šířit dál (Oidtmann 2000). Nákaza se však u nich nedá spolehlivě rozpoznat jinak než laboratorní analýzou.

Pokud se infekce dostane do populace původních evropských raků (u nás rak kamenáč, rak říční a rak bahenní), kteří jsou k *A. astaci* vysoce vnímaví, rozvine se obvykle samotné onemocnění, račí mor (Söderhäll & Cerenius 1999). Evropští raci neprošli dlouhým společným vývojem s parazitem jako raci severoameričtí a jejich imunitní odpověď není dostatečně rychlá, což vede ve většině případů k úhynu raka po setkání s infekcí (Cerenius et al. 2003). Nákaza se šíří postupně mezi jedinci a zvlášť v hustých populacích raků zoospory snadno nachází nové hostitele. Raci projevují neobvyklou denní aktivitu, ztrácí únikový reflex, objevují se u nich křečovité pohyby, tělo může vypadat jakoby v napětí, někdy se raci snaží poškrábat končetinami. Později zůstávají bezvládně ležet na zádech nebo na boku (Obr. 82) a při zvednutí z vody jim volně visí končetiny (Krupauer 1968, Matthews & Reynolds 1990, Oidtmann 2000). Infikovaní raci hynou během několika dnů až týdnů (Alderman et al. 1987, Matthews & Reynolds 1990) a obvykle dojde k vyhubení celé populace (typicky v průběhu několika měsíců).

Z hynoucích raků se uvolňuje velké množství zoospor a ty napadají další raky. Zasažení jedinci jsou neklidní, opouští úkryty a pohybují se v toku, což vede k šíření infekce i proti proudu. Rychlost šíření infekce závisí na okolních podmínkách, především na teplotě a chemickém složení vody (Alderman et al. 1987, Harlioğlu 2008). Po uhynutí posledních raků zůstávají ještě určitou dobu ve vodě živé zoospory, které však bez možnosti infikovat nové hostitele hynou.

Lokalita se tedy stává pro raky opět vhodnou a může být raky znovu osídlena, ať už jsou sem uměle vysazeni nebo přirozeně migrují z nezasažené oblasti. To je však možné jen za podmínky, že se na lokalitě nebo v její blízkosti nevyskytuje populace severoamerických raků. Pokud má být přistoupeno k umělému vysazení raků, je vhodné počkat před touto akcí alespoň jeden rok od konce úhynu a je třeba také zjistit, jestli opravdu žádní raci na lokalitě nezůstali.

Jiný průběh než v menších tekoucích vodách může mít račí mor v rozsáhlých vodních plochách se složitou morfologií, kde populace raků nehynou komplet-

Obr. 82. Raci kamenáči (*Austropotamobius torrentium*) hynoucí na račí mor v Úpořském potoce (CHKO Křivoklátsko) v roce 2005. Foto A. Petrusek.

Obr. 83. Rak říční (*Astacus astacus*) uhynulý na račí mor v přítoku Pěněnského rybníka u Horní Pěny (Jindřichohradecko) v roce 2007. Foto A. Petrusek.

ně a dochází k tzv. chronické nákaze (Fürst 1995). Ve slabé populaci jsou nakaženi a hynou vždy jen někteří jedinci a množství zoospor v prostředí je malé. Nákaza se šíří velmi pomalu, protože raci jsou od sebe víc vzdáleni. Tato situace umožňuje rozmnožování populace, protože většina jedinců zasažena není. Při zvýšení populační hustoty raků nad určitou mez však může dojít k masovějšímu úhynu raků. Popsaná chronická nákaza je známá z mnoha velkých skandinávských jezer, kde zabraňuje obnově populací raků říčních na ekonomicky využitelnou úroveň. Také v populacích raků bahenních v některých tureckých jezerech přežívá *A. astaci*, aniž by kompletně raky vyhubila. Zde může hrát roli vyšší koncentrace hořečnatých iontů, které omezují tvorbu zoospor, a tím šíření patogenu (Harlioğlu 2008).

Obr. 84. Rak říční (*Astacus astacus*) uhynulý na račí mor v potoce Křivec u Třince v roce 2004. Foto I. Horká.

Diagnostika račího moru

Určení přítomnosti *A. astaci* v racích je komplikované a bez sofistikovaných metod téměř nemožné. Ke správnému určení parazita je nezbytně nutná laboratorní analýza hynoucích raků. V případě hromadného úhynu je však také velmi důležité sledovat okolnosti úhynu (viz Box 6). Při diagnostice račího moru kombinujeme mikroskopické vyšetření kutikuly raků na přítomnost vláken parazita (toto samo o sobě nestačí, protože na racích, zvláště uhynulých, žije mnoho vláknitých organismů velmi podobných *A. astaci*, které není možné od původce račího moru spolehlivě odlišit, Royo et al. 2004) a analýzu genetické informace (DNA). Donedávna byla k určení *A. astaci* potřeba kultivace patogenu a následné ověření, jestli zoospory produkované získanými kulturami způsobí uhynutí

citlivých druhů raků v akvarijním pokusu (Cerenius et al. 1988). Tento postup je časově náročný, vyžaduje možnost provádět akvarijní pokusy s raky (např. raky říčními, u nás zákonem chráněný druh) a především je pravděpodobnost získání *A. astaci* do kultury poměrně nízká, protože je často na živné půdě přerůstán jinými organismy. I odborníci s mnohaletými zkušenostmi s kultivací *A. astaci* uvádí pravděpodobnost zachycení patogenu tímto způsobem jen 70 % (Oidtmann et al. 1999).

V současnosti je mnohem vhodnější použití analýzy DNA, která je rychlejší (test trvá dva až tři dny), podstatně spolehlivější a nejsou potřeba žádné pokusy s raky. Jde o izolaci DNA ze vzorku kutikuly raka (nejčastěji ze spodní strany zadečku, ocasní ploutvičky nebo kloubů končetin, kde je nejvyšší pravděpodobnost záchytu infekce) a aplikaci specifické polymerázové řetězové reakce (Oidtmann et al. 2006). Ta v případě přítomnosti patogenu namnoží úsek DNA vyskytující se pouze v genomu *A. astaci* a výsledek je pak zviditelněn pomocí elektroforézy na agarózovém gelu. První molekulární detekční postup na *A. astaci* přímo z raků byl publikován před pěti lety (Oidtmann et al. 2004). Od té doby byl už několikrát vylepšen (Oidtmann et al. 2006, Hochwimmer et al. 2009, Vrålstad et al. 2009), především co se týká specifity a citlivosti reakce. Pro analýzu raků pomocí molekulárních metod je velmi důležité správně odebrat a konzervovat vzorky raků (viz Box 6).

Box 6
Co dělat v případě zjištění úhynu raků?

Okolnosti úhynu raků naznačující, že by se mohlo jednat o račí mor (orientační ukazatele):

1) jiní živočichové kromě raků (ryby, blešivci, larvy vodního hmyzu atd.) nejsou úhynem zasaženi; v případě zasažení ryb bude důvodem hynutí spíše nárazové znečištění vody nebo jiný problém ovlivňující celé společenstvo
2) raci bývají nalézáni v různém stavu, tedy živí, hynoucí i mrtví (pokud je pozorovatel přítomen při nejrozvinutější fázi onemocnění)
3) v případě úhynu raků v toku je při opakované kontrole zřejmé, že úhyn se šíří i proti proudu.

V případě podezřelého úhynu raků:

1) Kontaktujte AOPK ČR nebo přímo pracoviště, na kterém lze provést diagnostiku *A. astaci* - v současnosti pouze Katedra ekologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy (PřF UK) v Praze, kde dostanete další instrukce.
2) Při zajištění vzorků pro laboratorní analýzu se držte následujících pravidel:
   - raci mají být odebráni nejlépe těsně před uhynutím nebo čerstvě mrtví, pokud je však raků nalezeno málo a jsou např. už déle mrtví, je lepší vzít i takový materiál
   - raky je třeba konzervovat hlubokým zmrazením (-80 °C); když to není možné, lze vzorky uložit do čistého (NE denaturovaného!) 96% lihu; až jako poslední možnost lze využít domácí mrazák zapnutý na nejvyšší výkon (takto by měly být vzorky skladovány jen omezenou dobu); pokud je šance, že vzorky budou převezeny do laboratoře do 24 hodin, stačí raky nechat na ledu nebo v chladničce.
3) Upozorněte místní organizaci rybářského svazu i širší veřejnost na nebezpečí rozšíření infekce (příklad oslovení veřejnosti pomocí vylepení letáků - viz Příloha 6).

Přenos račího moru

Jediné infekční stadium patogenu jsou zoospory, které se uvolňují přímo z raků. Není potvrzeno, že by *A. astaci* rostl v přírodních podmínkách na jiných substrátech. Hall & Unestam (1980) sice *in vitro* prokázali růst vláken a sporulaci *A. astaci* na vypreparovaných žábrách ryb, avšak na živých rybách růst patogenu ověřen nebyl. Primárně jsou tedy zdrojem zoospor nakažení raci. Zatím není zcela jasné, které cesty šíření zoospor jsou nejvýznamnější. Víme však, jaké to jsou:

1) Infikovaní raci - ať už původní druhy nebo severoameričtí přenašeči *A. astaci*

K přenosu původních raků infikovaných račím morem může docházet při neodborných „záchranných akcích" při úhynech, kdy není přesně zjištěna příčina a raci jsou odneseni na jinou lokalitu v dobré víře, že někteří jedinci přežijí. V případě račího moru je ale přežití nakažených raků víc než nepravděpodobné a navíc může být nemocí zasažena i místní populace raků (pokud se na lokalitě vyskytuje) a v případě tekoucích vod ohrozí infekce také populace raků dolů

po proudu. I při jakémkoli dalším přemísťování raků (záchranné transfery, repatriace) se může stát, že přenášení raci jsou již nakaženi, ale ještě neprojevují příznaky onemocnění.
Vysazování raků původem ze Severní Ameriky na nové lokality je za každých okolností nevhodné a rizikové, tito raci se pak navíc ve vodních tocích mohou dál šířit přirozenou migrací (Petrusek et al. 2006). Severoameričtí raci jsou však bohužel přesto vysazováni např. z okrasných důvodů a spíše v zahraničí také kvůli komerčnímu využití nebo jako návnada pro ryby (Oidtmann et al. 2002). Mohou být také zaměněni s původními druhy. Stává se, že severoameričtí raci jsou vypuštěni do volné přírody z akvarijních chovů. Tak vznikly divoké populace některých severoamerických druhů v evropských vodách, např. raka mramorovaného v Nizozemí (Souty-Grosset et al. 2006). Raci mohou být přemístěni i nezáměrně, např. zamotaní do rybářských sítí.

2) Voda obsahující živé zoospory *A. astaci*

Voda se zoosporami může pocházet z lokalit, kde právě hynou původní raci na račí mor, z míst výskytu severoamerických druhů anebo z akvárií či chovů raků. Voda je převážena ve větším množství např. s rybami určenými k vysazení. Čím více infikované vody je na lokalitě vylito, tím vyšší je pravděpodobnost vzniku epidemie račího moru v populaci původních raků.

3) Předměty, živočichové nebo rostliny mokré nebo vlhké od vody se zoosporami

Může jít o rybářské vybavení (holínky, sítě, udice apod.), vrše na raky, lodě, kola aut (opakované přejezdy přes brody potoků), predátory raků (mokrá srst), peří vodního ptactva, ryby (vysazení, návnady), rostliny z akvárií atd. (Oidtmann 2000). Opět, čím častěji k přenosu mokrých předmětů dochází, tím vyšší je riziko zavlečení choroby.

4) Predátoři raků

Kromě zoospor ulpělých na povrchu těla zvířat (viz výše) může být patogen račího moru přenesen i v zažívacím traktu studenokrevných živočichů živících se raky (dravé ryby, Oidtmann et al. 2002). Několik hodin v 37 °C však *A. astaci* nepřežívá (Oidtmann et al. 2002), savci a ptáci mohou tedy způsobit šíření nemoci spíše tak, že uloveného raka přenesou na jinou lokalitu, kde jej zanechají nebo konzumují.

Prevence přenosu infekce

Raky není zatím možné nijak léčit a stejně tak je problematické a často nemožné zabránit migraci raků v tocích. Také nelze vyloučit šíření račího moru predátory raků (dravé ryby, norci, vydry, ptáci apod.). Klíčová tedy zůstává pre-

vence šíření račího moru lidskými aktivitami. Možnosti, jak snížit pravděpodobnost šíření račího moru, uvádí Box 7.

Box 7
Prevence šíření račího moru lidskými aktivitami

1) Manipulace s raky
- v žádném případě by do volné přírody neměli být vypouštěni severoameričtí raci (např. z akvarijních chovů) a neměli by být vysazováni na nové lokality ze stávajících populací!
- při manipulaci s původními raky (např. repatriace, záchranné transfery) by vždy mělo být uváženo riziko přenosu račího moru, zvláště pokud se raci nezdají být v dobré kondici - ve vhodných případech mohou být takoví raci umístěni do karantény (alespoň na několik týdnů)
- při držení raků v akváriích či sádkách (např. karanténa, domácí chov severoamerických raků) nesmí být voda odváděna do volných vod potenciálně osídlených původními raky či do kanalizace (lze ji vylévat např. na trávník)

2) Manipulace s rybami
- pozornost by měla být věnována místům, odkud jsou loveny ryby určené k vysazení na jinou lokalitu; pokud je zde zjištěn úhyn původních raků, výlov a přesun ryb by měl být odložen!
- v případě, že se na lokalitě odlovu ryb vyskytují severoameričtí raci a na místě plánovaného vypuštění raci původní, měly by být ryby před vysazením na nové místo několikrát přemístěny do čisté vody, aby se snížilo riziko přenesení infekce s vodou obsahující zoospory; ideální by však bylo ponechat ryby několik dní v sádkách, aby došlo také k obměně obsahu zažívacího traktu a vyloučila se tak možnost přenosu případných nestrávených zbytků raků, ve kterých může i po průchodu trávicím traktem ryb přežívat *A. astaci*

3) Manipulace s potenciálně infikovanými předměty
- rybářské, potápěčské a jakékoli jiné vybavení, které mohlo být kontaminováno vodou se zoosporami, by mělo být dezinfikováno,

a to nejsnáze dokonalým vysušením věcí (nesmí zůstat ani vlhké!), případně i použitím horké vody nebo běžných dezinfekčních přípravků jako jsou přípravky na bázi chlornanu sodného (např. Savo) nebo jódu
- v případě prací (např. rybářské či výzkumné aktivity, monitoring vodních živočichů) na více místech např. během jednoho dne, kdy je problematické dezinfikovat nebo obměňovat vybavení, je vhodné postupovat od lokalit s výskytem raků říčních nebo kamenáčů a pak teprve pracovat na lokalitách s výskytem severoamerických raků (data o známé přítomnosti raků na konkrétních lokalitách může po dohodě poskytnout AOPK ČR)

4) Osvěta
O problematice račího moru by měli být co nejvíce informováni rybáři, ochranáři, výzkumníci, potápěči i široká veřejnost, velmi vhodné jsou osvětové akce zaměřené např. na rozlišování druhů raků, články do novin a časopisů a příspěvky do televize či rádia o racích a račím moru.

Historie výskytu račího moru v Evropě

Toto vážné onemocnění raků není v Evropě novou záležitostí. Masová hynutí raků, která začala být označována jako račí mor, byla poprvé zaznamenána v Itálii už v roce 1860. Během druhé poloviny 19. a začátku 20. století se úhyny raků postupně objevovaly na mnoha místech Evropy (Alderman 1996). Tehdejší silné a souvislé populace původních evropských raků byly decimovány nejdříve v západní a střední Evropě, později se nemoc šířila na východ a na sever do Skandinávie. V té době se nevědělo, co je příčinou úhynů, a čilý obchod s raky bez účinných karanténních opatření pravděpodobně napomáhal šíření nemoci. Po této první a nejhorší vlně úhynů ale račí mor z Evropy nevymizel. Poptávka po racích způsobila, že vznikly snahy na místo vysoce citlivých evropských raků vysazovat raky z jiných koutů světa (Henttonen & Huner 1999). Přišlo se na to, že račímu moru odolávají dobře raci ze Severní Ameriky, a tak byli do Evropy introdukováni rak pruhovaný, rak signální a rak červený, tedy druhy, které se nejen dobře aklimatizovaly na místech jejich vysazení, ale invazivně se rozšířily do volných vod většiny států Evropy (Souty-Grosset et al. 2006). Právě tito raci často fungují jako trvalé rezervoáry nákazy (Kozubíková et al. 2009). I ve druhé polovině 20. století tedy v mnoha zemích docházelo a stále dochází k úhy-

nům původních raků na račí mor (např. Bohman et al. 2006, Diéguez-Uribeondo 2006). „Morová rána“ takového rozsahu jako na přelomu 19. a 20. století se už neobjevila především proto, že populace původních raků zůstaly izolované, a dnešní úhyny jsou tedy spíše lokálního charakteru. Nicméně hynutí raků na račí mor v souvislosti s neustálým šířením severoamerických raků jsou v současnosti jedním z nejvýznamnějších faktorů ohrožujících dlouhodobé přežití původních raků v Evropě (Souty-Grosset et al. 2006).

Situace v České republice

Rozsáhlá hynutí raků byla na českém území pozorována na přelomu 19. a 20. století stejně jako na mnoha jiných místech Evropy. Krupauer (1968) píše, že račí mor se k nám rozšířil jednak z Bavorska (do jižních a západních Čech) a z opačné strany z Polska (do Slezska a na severní Moravu). Z pozdějších let 20. století však mnoho zpráv o masových úhynech raků nemáme. Na problematiku račího moru se pozapomnělo a hynutí raků byla často bez bližšího zkoumání dávána do souvislosti se znečištěním vody. Na konci 90. let došlo ke dvěma masovým úhynům raků s podezřením na račí mor (potoky Pšovka a Loděnice ve středních Čechách, Kozák et al. 2000b, c), avšak chybělo u nás pracoviště, kde by račí mor bylo možné diagnostikovat.

Teprve od roku 2004 je račímu moru u nás věnován výzkum a byla zde zavedena rychlá a spolehlivá molekulární metoda k určení *A. astaci* (Kozubíková et al. 2006). Dosavadních šest let sledování rozšíření parazita u nás ukázalo, že račí mor je jedním ze zásadních problémů ochrany našich původních raků. Během této doby bylo potvrzeno osm případů, kdy došlo ke zdecimování populace raků říčních nebo raků kamenáčů (Tab. 6). Na dalších několika místech, kde v poslední době vymizeli raci bez jiné zjevné příčiny (Tab. 6), je račí mor možným důvodem (nepodařilo se však získat vzorky pro laboratorní analýzu a račí mor tedy nemohl být s jistotou určen). Ve všech případech šlo o populace raků ve vodních tocích. Další případy výskytu račího moru pravděpodobně zůstaly nepodchyceny a raci mohli na více místech vyhynout, aniž by to bylo zaznamenáno. Uvedené úhyny totiž často byly zjištěny spíše náhodně (př. Bojovský potok v Boxu 8). Pro další podrobnosti o úhynech raků viz Kozubíková et al. (2006, 2008) a Box 8.

U většiny potvrzených i podezřelých případů račího moru u nás není jasné, odkud a jakým způsobem byla nákaza do populace našich raků zavlečena. Úhyny byly zaznamenány i v oblastech, kde nebyl potvrzen výskyt severoamerických raků, významné jsou tedy zřejmě i nepřímé cesty přenosu *A. astaci*, jako např. šíření zoospor patogenu s vodou nebo mokrými předměty.

Tab. 6. Potvrzené a podezřelé úhyny raků na račí mor v letech 1998 až 2009 u nás. V některých případech byl račí mor potvrzen molekulární diagnostickou metodou (Oidtmann et al. 2006), v ostatních je račí mor podezřelý jako příčina úhynu na základě pozorovaných okolností hynutí nebo vymizení raků.

Rok úhynu/ vymizení raků	Lokalita, bližší specifikace toku (blízká obec, oblast)	Povodí	Druh raka	Račí mor přímo potvrzen?
1998-1999	Pšovka, PR Kokořínský důl, CHKO Kokořínsko	Labe	rak říční, rak bahenní	ne
1999	Loděnický potok, Loděnice, střední Čechy	Berounka	rak říční	ne
2004	Křivecký potok, Třinec, Slezsko	Olše	rak říční	ano
2004-2005	Koštěnický potok, Člunek, Jindřichohradecko	Lužnice	rak říční	ne
2005	Bojovský potok, Bojov, střední Čechy	Vltava	rak říční	ano
2005	Úpořský potok, NPR Týřov, CHKO Křivoklátsko	Berounka	rak kamenáč	ano
2005	Klíčava, Lánská obora, Lány, střední Čechy	Berounka	rak říční	ne
2006	Olše, Jablunkov, Slezsko	Odra	rak říční	ano
2006	Hýskovský potok, Hýskov, střední Čechy	Berounka	rak kamenáč	ne
2006	Osoblaha, Slezské Pavlovice, Slezsko	odtéká na území Polska	rak říční	ne
2007	přítok Pěněnského rybníka, Horní Pěna, Jindřichohradecko	Nežárka	rak říční	ano
2008	Žebrákovský potok, Světlá nad Sázavou, kraj Vysočina	Sázava	rak říční	ano
2008	Senice, Lidečko, CHKO Beskydy	Vsetínská Bečva	rak říční	ano
2009	Besének, Tišnov, jižní Morava	Svratka	rak říční	ano

Zjištěn poblíž výskyt severoamerických raků?	Zachovala se část populace původních raků?	Citace
Silná populace raků pruhovaných infikovaná původcem račího moru zjištěna ve stejném toku	Ano, populace raků říčních na horním toku Pšovky, kam se račí mor nerozšířil	Kozák et al. 2000a, b, Kozubíková et al. 2006
Rak pruhovaný údajně pozorován v Berounce v roce 1992 (Hajer 1994), od té doby výskyt nezjištěn	V roce 2006 nalezen v Loděnickém potoce jeden rak říční	Kozák et al. 2000c, Kozubíková et al. 2006
Výskyt není známý	Pravděpodobně ne, raci nebyli nenalezeni	Kozubíková et al. 2006
Výskyt raků signálních ověřen v rybnících ve vojenském prostoru u Lomů u Kunžaku naposledy v roce 2002, později již raci nebyli nalezeni	Pravděpodobně ne, raci nebyli nenalezeni	Kozubíková et al. 2008
Nejbližší populace raků pruhovaných byla nalezena v Sázavě asi 4 km od ústí Bojovského p. do Vltavy	Pravděpodobně ne, raci nebyli nenalezeni	Kozubíková et al. 2008
Rak pruhovaný údajně pozorován v Berounce v roce 1992 (Hajer 1994), od té doby výskyt nezjištěn	Ano, populace raků kamenáčů v úseku potoka nad rybníkem na toku, kam se račí mor nerozšířil	Kozubíková et al. 2008
Rak pruhovaný údajně pozorován v Berounce v roce 1992 (Hajer 1994), od té doby výskyt nezjištěn	Pravděpodobně ne, raci nebyli nenalezeni	Kozubíková et al. 2008
Výskyt není známý	Je třeba ověřit	Kozubíková et al. 2008
Rak pruhovaný údajně pozorován v Berounce v roce 1992 (Hajer 1994), od té doby výskyt nezjištěn	Pravděpodobně ne, raci opakovaně nebyli nalezeni	Kozubíková et al. 2008
Silná populace raků pruhovaných infikovaná původcem račího moru v potoce Prudník, přítoku Osoblahy	Ano, raci byli nalezeni výše proti proudu řeky nad obcí Bohušov, kam se račí mor pravděpodobně nerozšířil	Kozubíková et al. 2008
Výskyt raků signálních ověřen v rybnících ve vojenském prostoru u Lomů u Kunžaku naposledy v roce 2002, později již raci nebyli nalezeni	Ano, populace raků říčních nad rybníkem Sígl, kam se račí mor nerozšířil	Kozubíková et al. 2008
Výskyt není známý	Ano, populace raků říčních nad Lánským rybníkem, kam se račí mor pravděpodobně nerozšířil	dříve nepublikováno
Výskyt není známý	Ano, několik jedinců raka říčního nalezeno v roce 2009	dříve nepublikováno
Nejbližší populace raků signálních se vyskytuje v říčce Bobravě jižně od Brna	Je třeba ověřit v příští sezóně	dříve nepublikováno

Box 8
Tři příklady úhynů raků v souvislosti s račím morem v ČR

Pšovka, jeden z páteřních toků **CHKO Kokořínsko** (PR Kokořínský důl), byla do roku 1998 osídlena hustou populací raka říčního a vyskytoval se zde také rak bahenní (Beran 1995). V roce 1998 došlo k masovému úhynu těchto raků bez zjevné příčiny (ryby a drobní vodní bezobratlí nebyli zasaženi a rozbor vody neukázal žádnou odchylku od normálu, Kozák et al. 2000b). Hynutí bylo zaznamenáno ještě i v roce 1999. Po této epidemii přežila pouze malá populace raků říčních na horním toku Pšovky (Beran 1999). Do Lhoteckého rybníka, který Pšovka napájí, byli pravděpodobně už začátkem 90. let 20. století vysazeni raci pruhovaní (Beran 1995) a ti se rozšířili i do toku Pšovky. Analýza přítomnosti *A. astaci* ukázala, že zhruba polovina jedinců v této populaci jsou nosiči patogenu (Kozubíková et al. 2006). Račí mor je tedy velmi pravděpodobným vysvětlením úhynů původních raků a k přenosu nákazy došlo zřejmě přímo z raků pruhovaných.

Prognóza a možná opatření: V současnosti není možné raky pruhované v toku nijak eliminovat a mohou migrovat výš proti proudu. Zbylá populace raků říčních vykazuje růst a šíření po proudu (Lulayová 2007). V budoucnu tedy může dojít k dalším úhynům raků říčních v případě, že se populace obou druhů dostanou do kontaktu. Vysazování raků říčních na místa, kde došlo k jejich úhynům, je nevhodné, naopak udržení úseku mezi současnými populacemi raků říčních a raků pruhovaných bez raků může zabránit nové epidemii račího moru a zachování populace raků říčních na horním toku. Řešením by mohlo být vytvoření několika migračních bariér na toku bránícím postupu raků pruhovaných proti proudu. Takové opatření však není vhodné vzhledem k výskytu chráněných druhů ryb, jejichž management naopak vyžaduje zprůchodnění toku. Místní populace raků říčních by mohla být kvůli zachování lokálních genotypů částečně přesunuta do jiného blízkého toku, kde se raci nevyskytují, ale který je svými parametry pro raky říční vhodný. Zároveň na této potenciální nové lokalitě nesmí hrozit výskyt severoamerických raků.

Proč je případ zajímavý? Jedná se o jeden z mála úhynů u nás, kde je souvislost mezi nákazou původních raků račím morem a přítomností infikovaných severoamerických raků.

V **Úpořském potoce na Křivoklátsku** (NPR Týřov) se vyskytovala velmi početná populace raků kamenáčů. V květnu 2005 začali tito raci masově hynout a v následujícím roce zde nebyl žádný rak nalezen. Analýza hynoucích raků na přítomnost *A. astaci* potvrdila, že šlo o račí mor (Kozubíková et al. 2008). Toto zjištění bylo v souladu s příznaky pozorovanými na místě úhynu - raci hynuli postupně, ve stejném čase bylo možné pozorovat jak jedince vypadající zdravě, ale mimo úkryty a bez únikového reflexu, tak raky ležící na zádech či na boku a neschopné pohybu a také raky kratší nebo delší dobu uhynulé, ostatní vodní fauna nebyla úhynem poznamenána a v následujících týdnech se hynutí raků šířilo proti proudu. Šíření infekce proti proudu bylo zastaveno asi dva metry vysokým přepadem rybníka na Úpořském potoce, nad který se infikovaní raci nedostali. V úseku potoka nad rybníkem zůstala nezasažená populace raků kamenáčů. Zdroj nákazy na této lokalitě je nejasný, avšak určitým vodítkem by mohlo být, že asi měsíc před zaznamenáním úhynu raků byl na Úpořském potoce prováděn monitoring ryb s vybavením použitým předtím při podobných pracech v toku Klíčava, kde byli nalezeni uhynulí raci říční. Mohlo tedy dojít k přenosu zoospor s mokrými věcmi, pokud v Klíčavě právě probíhal úhyn raků na račí mor. Z úhynu v Klíčavě však nebyly získány vzorky raků k analýze přítomnosti *A. astaci* a račí mor tedy nebyl přímo potvrzen. Zároveň nelze vyloučit infekci raků kamenáčů raky pruhovanými, kteří by se mohli vyskytovat v hlavním toku Berounky, do kterého se Úpořský potok vlévá. Výskyt raka pruhovaného byl z Berounky publikován pouze jednou, a to v roce 1992 (Hajer 1994) v Berouně (asi 35 km po proudu od ústí Úpořského potoka). Od té doby nebyl v Berounce tento druh ověřen.

Prognóza a možná opatření: V budoucnu by mohli raci, kteří přežili nad rybníkem, lokalitu po proudu opět kolonizovat. Tento proces by však byl spíše náhodný, protože raci by museli překonat rybník, který není příliš vhodným místem pro jejich život. Juvenilové raků by však mohli být splaveni do spodní části toku např. při povodni. Nabízí se možnost raky z horního toku Úpořského potoka vysadit do úseku potoka pod rybníkem, není však jisté, jestli je případná zdrojová populace dost silná, aby ji odebírání raků pro vysazení neohrozilo.

Proč je případ zajímavý? Pokud by byl scénář přenosu moru pravdivý, byl by případ poučením, jaké riziko může představovat přenos mokrých předmětů mezi lokalitami, zvlášť když někde dochází k úhynu raků. V tomto

případě bylo také poprvé u nás zaznamenáno zastavení šíření račího moru proti proudu o migrační bariéru raků (hráz rybníka).

Bojovský potok, který přitéká do Vltavy **jižně od Prahy**, byl do roku 2005 osídlen populací raků říčních. Během exkurze zaměřené na ekologii tekoucích vod pořádané pro studenty PřF UK v Praze bylo v květnu zmíněného roku v úseku potoka nad obcí Bojov nalezeno několik mrtvých a hynoucích a také několik živých raků. V odebraných vzorcích byla laboratorním testem zjištěna DNA *A. astaci* (Kozubíková et al. 2008). Při kontrolách v následujících dvou letech nebyli už raci říční v Bojovském potoce pozorováni a zdá se tedy, že populace raků byla zdecimována v celém toku. V potoce ani v přilehlé části Vltavy nebyla zjištěna přítomnost severoamerických raků, zdroj nákazy tedy není jasný.

Prognóza a možná opatření: Vyhubením populace raků říčních v Bojovském potoce mohlo dojít ke ztrátě unikátních genotypů. Populace byla zřejmě izolovaná (ve Vltavě raci říční nebyli zaznamenáni), proto pravděpodobně neexistuje refugium, ze kterého by raci mohli lokalitu znovu kolonizovat. Pro případné umělé vysazení raků by jako zdroj měla být zvolena co nejbližší dostatečně silná populace raků říčních, ovšem jen za předpokladu, že by podrobný průzkum nezjistil přežívající populaci v některém z přítoků potoka nebo dokonce přítomnost nepůvodních raků.

Proč je případ zajímavý? Ukazuje náhodnost zjišťování úhynů raků na račí mor u nás. Kdyby byl pro studentskou exkurzi zvolen jiný potok, kdyby na exkurzi nebyl zrovna přítomen pedagog, který se výzkumem račího moru zabývá, nebo kdyby exkurze proběhla v jiném období roku, tento případ by pravděpodobně zůstal nezaznamenán.

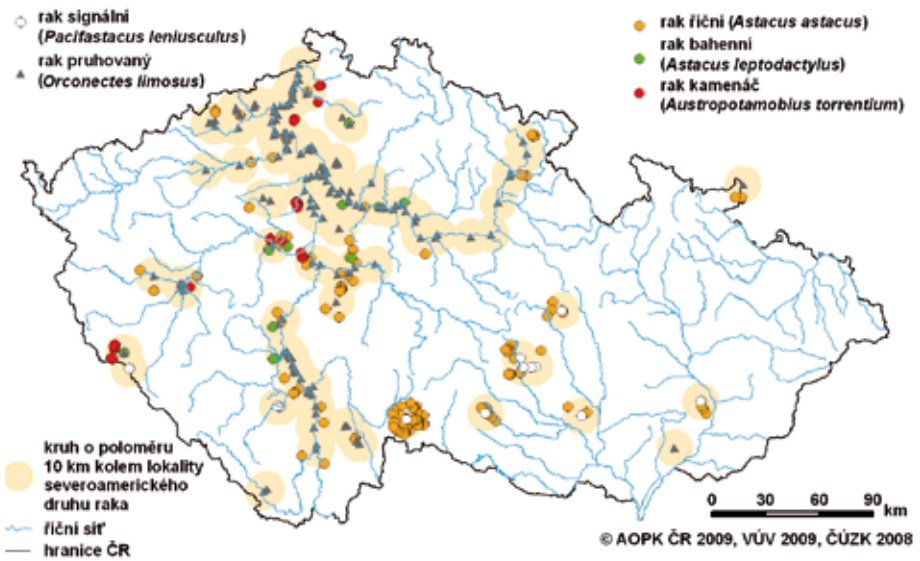
Kromě diagnostiky úhynů raků u nás byla v posledních letech provedena také studie, do jaké míry jsou *A. astaci* nakaženy populace severoamerických raků (Kozubíková et al. 2009, Kozubíková, nepublikovaná data). Bylo zjištěno, že nejvíce infikované a tedy nejproblematičtější z hlediska možného přenosu patogenu na původní raky jsou populace raků pruhovaných v tekoucích vodách. Více než 50 % infikovaných mezi testovanými jedinci bylo zjištěno např. v Labi, Pšovce, Jickovickém potoce (přítok vodní nádrže Orlík) či v potoce Prudník (severní Morava, Osoblažsko). Zajímavé je, že vysoce infikovaná byla také populace v rybníčku v obci Smečno ve středních Čechách. Tyto populace raků pruhovaných mají pravděpodobně vyšší populační hustoty, které zjednodušují šíření

parazitů. Naopak méně nakažené (do 20 % testovaných jedinců) byly populace raků pruhovaných v uzavřených stojatých vodách (např. zatopený povrchový důl Barbora v severních Čechách, lomy v Kojeticích ve středních Čechách a Starém Klíčově na Domažlicku nebo zatopené pískovny Cítov na Mělnicku, Lhota a Proboštská jezera u Staré Boleslavi ve středních Čechách a Stará pískovna na Českolipsku). V těchto případech může hrát roli skutečnost, že jsou raci na tato místa vysazováni lidmi. Jedinců zakládajících populaci může být jen několik. Hustota raků je alespoň zpočátku velmi nízká, což vede ke špatnému šíření parazita mezi jedinci. Navíc mohou být už zakládající jedinci málo infikováni, záleží na zdroji vysazovaných raků.

Raci signální byli celkově méně nakaženi než raci pruhovaní. První výsledky získané molekulární metodou dle Oidtmann et al. (2006) odhalily pouze jednoho infikovaného jedince (0,8 % testovaných raků). Avšak použití novějšího a citlivějšího postupu (dle Vrålstad et al. 2009) zachytilo velmi slabou infekci u 20 % testovaných jedinců raků signálních (Kozubíková, nepublikovaná data). U tohoto druhu nebyla zjištěna souvislost mezi typem lokality a mírou nákazy.

Přestože se jedinci i populace severoamerických raků liší mírou nákazy patogenem račího moru, je třeba všechny tyto raky považovat za nežádoucí v naší přírodě. Kromě hrozby račího moru disponují i dalšími vlastnostmi, díky kterým často vyhrávají v kompetici s raky původními (viz kapitola 6.1.). Ačkoliv byly v zahraničí (Nylund & Westman 2000, Schulz et al. 2006a) i u nás zaznamenány případy koexistence severoamerických raků s evropskými na jedné lokalitě, jde spíše o výjimky. Takové populace nebyly pravděpodobně infikovány patogenem, nebo byly nakažené jen velmi málo. U nás se jedná např. o rybník Rybářství Litomyšl u obce Jedlová ve východních Čechách, kde bez úhynu přežívali raci říční s raky signálními, rybník Nový u obce Čáslavice u Třebíče, kde se také vyskytovali raci říční s raky signálními, nebo zatopený lom Starý Klíčov, kde byli v populaci raků pruhovaných ojediněle nalézáni i raci říční a bahenní.

Většinou však dojde při setkání se severoamerickými raky k úhynu nebo postupnému vytlačení původního druhu. Riziková jsou nejen místa, kde je pravděpodobný kontakt populací raků (stejný tok nebo povodí), ale také ta, kde se populace vyskytují blízko sebe i bez možnosti kontaktu. V takových případech je totiž vyšší pravděpodobnost nepřímého přenosu infekce (zoospor *A. astaci* např. s vodou) než u populací vzdálenějších. Lokality v České republice, kde se přibližně do 10 km od populace severoamerických raků vyskytuje původní evropský druh, ukazuje Obr. 85. Tabulka v Příloze 7 přináší výčet těchto míst. Do tabulky i mapky jsou zahrnuty i některé starší údaje o výskytu raků, které nebyly později potvrzeny. Nenalezení raků však není jistým potvrzením, že se raci na



Obr. 85. Oblasti blízkého výskytu původních evropských a nepůvodních severoamerických druhů raků v ČR, kde může ve zvýšené míře hrozit přenos račího moru na citlivé evropské druhy. Podle podkladů AOPK ČR zhotovil Z. Kučera.

lokalitě už nevyskytují. Většina údajů je však novější než rok 2000. Populacím raků na místech blízkého výskytu evropských a severoamerických druhů je třeba věnovat zvláštní pozornost, ve zvýšené míře by se mělo dbát na preventivní opatření šíření račího moru a na osvětu veřejnosti. Na lokalitách bude postupně znova ověřován výskyt raků za účelem zjištění přežívání původních druhů a případné šíření severoamerických raků.

6.3. Negativní zásahy člověka do biotopů raků

Změny vodních ekosystémů způsobené člověkem rovněž velkou měrou ovlivňují existenci račích populací (Obr. 86). Po celé Evropě se setkáváme s častými případy regulace toků, kanalizací řek či tvorbou vodních nádrží na řekách a potocích za účelem provozu hydroelektráren, protipovodňových opatření a budování vodních zásob (Lindqvist & Huner 1999). K tomu přistupuje i znečištění, odvodňování a mnoho dalších negativních vlivů ohrožujících račí populace. Při

Obr. 86. Úprava toku, nebo skládka? Potok Zátoky nad soutokem s Křibským potokem s výskytem raka říčního (*Astacus astacus*), 14. 8. 2009.
Foto M. Štambergová.

sledování lokalit a opakovaném monitoringu raků a jejich stanovišť se i u nás stále setkáváme se zásahy člověka, jež ohrožují daná stanoviště a populace samotné.

Souhrnný výčet i podrobný popis hlavních příčin ohrožení raků přináší v rámci svých studií Fischer (2005a, 2005b, 2006), uvádíme alespoň jejich přehled:

Úpravy koryt vodních toků

Jedná se o méně či více škodlivé zásahy do přírodního charakteru toků s výskytem raků v podobě zpevňování břehů kamennými záhozy, odstraňování pro raky vhodných úkrytů z koryta toků či regulací celého koryta, napřimováním, značným prohloubením a vydlážděním koryt toků (Obr. 87). Mnohé ze zásahů jsou prováděny v rámci pravidelné údržby koryt, tzv. odstraňování povodňo-

vých škod či v rámci „protipovodňových“ opatření. Tyto zásahy mají mnohdy naprosto devastační účinky a vedou nejen k destrukci biotopu samotného a ztrátě vhodných úkrytů (odstranění sedimentu, kamenů, pobřežních partií zpevněných kořeny vegetace), ale rovněž ke ztrátě samočistící schopnosti toků, rychlým průběhům povodní, k populačním ztrátám raků i snížení jejich potravní nabídky. Fischer (2006) rovněž zmiňuje problematiku výstavby malých vodních elektráren, které na jedné straně přinášejí rakům i ostatním vodním živočichům prospěch v tvorbě nových biotopů (náhony). Negativně však může působit přechodné či trvalé snižování průtoků v hlavním korytě v závislosti na odběru vody do náhonů.

Obr. 87. Lokalita Všenorský potok s výskytem raka kamenáče *(Austropotamobius torrentium*). Pohled na nevhodně upravenou část toku, 26. 5. 2009. Foto M. Štambergová.

Migrační bariéry

S úpravami vodních toků blízce souvisí i vytváření nových migračních bariér (příčné stupně, jezy, průtočné vodní nádrže), potenciálně zamezujících rakům a jiným vodním živočichům zejména v migraci proti proudu toků. Jejich negativní role, která je zjevně patrná např. u ryb, však není u raků tak jednoznačná. Příkladem pozitivního účinku migrační bariéry může být hráz rybníka na Úpořském potoce v obci Broumy (CHKO Křivoklátsko), jež pomohla zastavit šíření račího moru migrací raků proti proudu, a zůstala tak zachována populace raka kamenáče nad rybníkem (viz Box 8).

Úpravy okolí vodních toků

Negativní vliv mají rovněž nevhodné úpravy okolí vodních toků, zejména odlesňování nebo orba až k břehové linii toku. V takových případech, kdy chybí vegetace i břehové porosty, dochází snadno následkem eroze a splachů ornice k zanášení koryt a tím i vhodných úkrytů pro raky.

Znečištění vodních toků

Již Štěpán (1933, 1934) ve třicátých letech 20. století upozorňoval na to, že jsou raci negativně ovlivňováni znečištěním toků, a to zejména odpady z vepřinců. I v současné době se opakovaně stáváme svědky lokálních otrav raků v důsledku

Obr. 88. Úhyn raků kamenáčů (*Austropotamobius torrentium*) při havárii v povodí Trojhorského potoka dne 28. 5. 2006. Foto B. Franěk.

ekologických havárií. Příkladem může být vytrávení populace raků kamenáčů v bezejmenném přítoku Trojhorského potoka u Třebušína v oblasti CHKO České středohoří v roce 2006 (Obr. 73, 88), jehož příčinou byl únik koncentrovaného kapalného hnojiva Lovodam 30 (vodný roztok dusičnanu amonného s močovinou) do toku (Franěk 2008). Havárie způsobila vyhubení všech vodních živočichů až po soutok s Trojhorským potokem. V Příloze 8 je uvedeno Stanovení výše způsobené ekologické škody na evropsky významné lokalitě s výskytem raka kamenáče, kterou vypracoval Ing. Borek Franěk.

Fischer (2006) zmiňuje jako velmi nebezpečné i úniky výluhů z betonových směsí na příkladu Bílého potoka v Brdech v roce 2003, ke kterým došlo při opravě tamního mostu.

Ke znečištění potoků dochází i v důsledku zemědělské činnosti, zejména v souvislosti s hnojením dusíkatými hnojivy na polích obklopujících vodní toky. Následně jsou hnojiva smývána buď přímo či do sběrných příkopů ústících do toků. Další problém představují i špatně fungující čistírny odpadních vod (Fischer 2006, Franěk 2008).

Z dalších negativních vlivů ovlivňujících kvalitu vody i račí populace lze jmenovat nelegální vypouštění septiků a žump či nadměrné nepovolené odběry vody z potoků (Franěk 2008). Ty často souvisí i s přehrazením toku za suchých období a instalací ponorných čerpadel, kterými je voda z toku následně použita na zalévání zahrad, fotbalových hřišť či napouštění bazénů (Franěk 2008).

Obr. 89. Intenzivní pastva v blízkosti Huníkovského potoka (CHKO České středohoří) s výskytem populace raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*), 6. 8. 2009. Foto M. Štambergová.

V případě některých lokalit může dojít k jejich ohrožení i v souvislosti s intenzivní pastvou dobytka v blízkém okolí (Obr. 89). Příklad uvádí Franěk (2008) z Trojhorského a Lučního potoka v Českém středohoří, kdy jsou vlivem dobytka poškozovány břehy, zazemňována koryta, dochází k vybřežování toků i eutrofizaci vlivem nadměrného množství exkrementů krav.

Zanášení toků sedimentem

V případě znečištění potoků pod produkčními rybníky se jedná o velmi závažný problém. V důsledku polointenzivního chovu ryb a vodní drůbeže, které je obvykle doprovázeno krmením, hnojením, vápněním i častějším vypouštěním, dochází nejen k silné eutrofizaci vody, snížení množství rozpuštěného kyslíku, zvýšení teploty, ale také k zanášení koryt jemným rybničním sedimentem a kolísání průtoků. Hospodaření na rybnících ovlivňuje nejen raky žijící přímo v nádržích, ale také populace v toku pod rybníkem. Rybniční sediment se usazuje ve volných prostorách mezi kameny a zanáší tak vhodné úkryty pro raky, kteří z takto postižených částí toků postupně mizí a zároveň i způsobuje u samic plesnivění račích snůšek (Fischer 2006). Kromě výše zmíněných faktů má ničivé účinky na raky i samotné vypouštění nádrží, často následované i odbahňováním, úpravami a opravami rybníků. Záleží pak na délce období, během kterého zůstává nádrž vypuštěna, a rovněž ročním období a klimatických podmínkách, kdy k samotnému vypouštění dochází. Rovněž obnova těžby v zatopených lomech nebo jejich využívání jako skládek vedou k zániku račích populací obývajících tato stanoviště.

Zvýšená predace

Výskyt populace může významně ohrozit **nevhodná rybí obsádka** v podobě vysazení nepřiměřeně velkého počtu ryb či jejich úniku z vodních nádrží, zejména dravců, např. pstruh obecný f. potoční (*Salmo trutta* m. *fario*), pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), siven americký (*Salvelinus fontinalis*), okoun říční (*Perca fluviatilis*).

V neposlední řadě je nutno zmínit i predační tlak invazivního **norka amerického** (*Mustela vison*), který se rozšířil únikem a vypouštěním z kožešinových farem a který rovněž na mnoha lokalitách ovlivňuje početnost populací raků (Obr. 90). Výsledky výzkumu vlivu predace norkem americkým na populacích raka kamenáče přináší Fischer (2005b), Fischer & Pavluvčík (2006), Fischer et al. (2009).

Obr. 90. Zbytky raků kamenáčů (*Austropotamobius torrentium*) ulovených norkem americkým v Brdech. Foto M. Štambergová.

Obecná opatření:

V první řadě je na stávajících lokalitách s výskytem raků nutné zachovat (či zlepšit) existující kvalitu vody a přirozený charakter koryt toků i jejich okolí. Veškeré případné zásahy do vodních biotopů je třeba pečlivě zvážit a posuzovat. Z opatření směřujících ke zlepšení a podpoře stavu populací původních evropských račích druhů je podstatné odstraňování nevhodných vodohospodářských zásahů, vhodně volená revitalizační opatření v upravených korytech toků, zamezení možnému znečištění vody a zanášení koryta sedimenty. Posouzení, jaká opatření by pro podporu raků na dané lokalitě byla nejvhodnější, bývá často individuální a zásah, který může být někde výhodný, je jinde zbytečný nebo dokonce škodlivý. Podrobný návrh řešení jednotlivých negativně působících vlivů na populace raků z našeho území a popis možných preventivních a minimalizačních opatření k jejich omezení předkládá ve svých studiích Fischer (2005a, 2006).

6.4. Chov a komerční využití raků, repatriace*, záchranné transfery

V mnoha oblastech Evropy s výskytem raka říčního přetrvává dlouhodobá tradice v chytání raků a jejich konzumaci. Velmi hojně byl druh využíván díky kulinářské tradici např. ve Skandinávii. Jedná se o velmi ceněný druh z hlediska rekreačního i ekonomického významu a jeho využití např. pro rekreační lov může napomoci i jeho ochraně a předejít tak nelegálnímu chovu nepůvodních druhů (Souty-Grosset 2009). Využití raků ke konzumaci může mít však také negativní důsledky, a to přesně opačné. Zvyšování zájmu o kulinářské využití raků může vést k tomu, že když nebude k dispozici dostatek raků říčních, začne být poptávka uspokojována právě nepůvodními druhy. V zemích, kde se raci běžně konzumují (např. Švédsko, Finsko či Španělsko), se zároveň také potýkají s tímto problémem (Diéguez-Uribeondo, osobní sdělení).

Také repatriační snahy a záchranné transfery mohou být kontroverzním tématem. Velmi záleží na tom, jakým způsobem jsou tyto akce prováděny. Od roku 1999 u nás docházelo k pokusům o aktivní záchranu raka říčního zejména formou repatriací v rámci projektů realizovaných ČSOP v rámci programu „Ochrana biodiverzity“ s názvem „Rak“ (Kumstátová 2005). Tento projekt navazoval na výsledky „Akce rak“, kterou ČSOP započala v roce 1985 a při níž byly získány základní údaje o rozšíření raků u nás. V článku „Jak dál s ochranou raků u nás“ (Holzer 1989) se dovídáme o záznamu 315 lokalit v rámci ČSR s aktuálním výskytem raků od roku 1986. Z příslušného textu vyplývá, že mapování v rámci „Akce rak“ organizovaného Českým svazem ochránců přírody (ČSOP) zatím nebylo ucelené a je třeba v něm pokračovat. Souběžně s vytipováním vhodných lokalit autor zdůrazňuje i nutnost přistoupit k posílení současných populací raky z umělých chovů.

Kumstátová (2005) přináší v rámci rešerše hodnocení 25 projektů prováděných základními organizacemi ČSOP. Každý z projektů byl řešen samostatně, neboť dosahovaly různé kvality zpracování. Převážná většina byla zaměřena na návrat malých ráčků na předem vytipované lokality, případně na záchranné transfery raků. V případě projektů zaměřených na odchovy a následné repatriace však často chyběly konkrétní údaje o racích, s nimiž bylo manipulováno. Kritéria, podle kterých byly nové a náhradní lokality vybírány, nebyla přesně definována a ve většině případů scházela zpětná kontrola vysazených populací. Rovněž nebyl řádně zdůvodněn účel posilování populací raků, které se uchytily, ani podmínky, za jakých se k posilování přistoupilo. Finanční prostředky

poskytnuté na podobně koncipované projekty každoročního vypouštění tisíců ráčků se pak jeví jako neúčelně využité. Rovněž byly shledány nedostatečné odborné znalosti některých řešitelů, které vedly v povodí Bradavy k záměně raků kamenáčů za raky říční a s velkou pravděpodobností byli právě kriticky ohrožení raci kamenáči vypouštěni jako raci říční na lokality pro kamenáče naprosto nevhodné. Obdobně zřejmě došlo i ke zpětnému vypouštění raků říčních do původní lokality raka kamenáče (Kumstátová 2005).

Některé z hodnocených projektů byly na základě dodaných materiálů a závěrečných zpráv vedeny velmi pečlivě, zodpovědně a na vysoké odborné úrovni (např. 02/09 ZO ČSOP Vlašim, 46/04 ZO ČSOP Ropáci Jaroměř, 73/01 ZO ČSOP C.R.A.B) (Kumstátová 2005). Jejich přínos lze jednoznačně spatřit ve sledování stávajících lokalit výskytu raků, v průzkumu lokalit nových, stanovení příčin ohrožení výskytu raků či studiu antiparazitik potencionálně účinných na zástupce kroužkovců rodu *Branchiobdella* (potočnice). Rovněž osvěta mezi veřejností hraje významnou roli v ochraně našich raků. Na druhé straně mnohé projekty, často zaměřené zejména na pokračující vysazování ráčků bez ujednoceného systému a metodiky, lze považovat za poněkud samoúčelné a nikoli za nezbytné, v určitých případech i za škodlivé. Chybí jakékoli údaje o monitorování vysazených raků, zatímco opakované vysazování dalších jedinců je velmi časté. Jako absurdní se pak jeví zejména případ financování každoročního posilování a dokrmování populace raků říčních v neúživném lomu na Vsetínsku (Kumstátová 2005).

Na základě poznatků a výsledků vycházejících z provedené rešerše se vysazování uměle odchovaných ráčků způsobem, jakým bylo často prováděno, zdá jako nepříliš vhodná cesta k záchraně původních druhů raků u nás. Z celoplošného mapování AOPK ČR vyplývá, že přestože současný stav populací našich původních druhů raků není optimální, známe dnes více než 500 lokalit s výskytem raka říčního. Pokud by nastal případ, že bude nutné některou z lokalit znovu osídlit původním druhem, lze tak učinit (za předem daných, jasně definovaných podmínek a vyloučení rizika přenosu račího moru! - viz Příloha 9) vypuštěním raků pocházejících z blízké silné populace spíše než z umělých odchoven.

Neustálé vysazování a přenášení raků na lokality, kde stejně často nepřežijí a jejich udržování za cenu neustálého posilování populací (spojeného s odlovem adultních samic z prosperujících populací) je finančně náročné a jeho účinnost je vzhledem k chybějícímu řádnému monitoringu neznámá (Kumstátová 2005). I v současné době je přistupováno v určitých případech k opakovanému každoročnímu posilování již stávajících populací bez udání metody, za jakých podmínek lze toto provádět, i bez určení početnosti a původu vysazovaných

raků, a s takovými projekty doplňování populací nelze souhlasit. Rovněž musíme zmínit fakt, že mnohdy neodborné a nekontrolované vysazování raků, ať se jedná o posilování stávajících populací, nebo o vysazování raků na nové lokality, s sebou může nést mnoho rizik. Například možnost zavlečení různých chorob a parazitů, „genetické znečištění“ lokálně dlouhodobě izolovaných populací a podobně. V souvislosti s aktuálním výskytem račího moru navíc vyvstává další hledisko této problematiky. V případě, že budou jednotlivé populace raků izolované, nehrozí epidemický výskyt tohoto onemocnění, v případě, že budou propojeny (vysazením raků do partií toků, kde v současnosti nežijí), může se případné onemocnění šířit snadněji a úhyny se stanou masivnější. Dalším ohrožujícím faktorem jsou rezistentní přenašeči tohoto onemocnění, rak pruhovaný a rak signální. Zejména první z výše uvedených druhů v současné době obývá již řadu lokalit. Rozhodně považujeme za důležitější a efektivnější záchranu stávajících lokalit původních raků, na kterých by případně mohlo dojít k devastaci račích populací či biotopu samotného, podporu jejich přirozeného šíření formou odstraňování migračních bariér tam, kde nehrozí zjevné propojení s nepůvodními druhy, revitalizací toků v povodí, odstraňování nežádoucích vlivů apod., následované dlouhodobým monitoringem všech takových oblastí.

Návrh činností pro případné zájemce a nevládní neziskové organizace (NNO), které chtějí efektivně pomoci našim původním druhům raků, předkládáme níže (viz Hlavní zásady ochrany a péče o raky v ČR). Obdobné závěry vzešly i z pracovního semináře Rak, který se uskutečnil 25. 3. 2009 v Praze v Domě ochránců přírody za účasti 22 zástupců ČSOP, Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického Jihočeské univerzity ve Vodňanech (VÚRH JU), Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, Hornického muzea Příbram, Přírodovědecké fakulty UK v Praze, Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity, Pedagogické fakulty Západočeské univerzity v Plzni, České inspekce životního prostředí, Českého rybářského svazu, Ministerstva životního prostředí ČR a Agentury ochrany přírody a krajiny ČR.

---

* poznámka k terminologii:
Introdukcí se rozumí vysazení druhu na místo, kde se nikdy předtím nevyskytoval, tj. mimo jeho přirozený areál. Reintrodukce je pak opakovaná introdukce. V případě raků původních na našem území (rak říční, rak kamenáč) je však vhodnější použít termín repatriace, tedy obnovení populací druhu na místech, která jsou součástí jeho původního areálu a z nichž druh dříve vymizel v důsledku negativních zásahů člověka.

Hlavní zásady ochrany a péče o raky v ČR
(upraveno podle Petruskové et al. 2006)

1) PODPORA STÁVAJÍCÍCH POPULACÍ

- soustředit se na důslednou ochranu biotopů stávajících populací raků
- podporovat přirozené šíření původních druhů raků zejména formou revitalizací dalších toků v povodí apod.
- v případě nízké početnosti raků nalézt a odstranit možné příčiny, kterými mohou být například nadměrné zarybnění nebo znečištění vod (např. zanášení bahnem pod produkčními rybníky, splavení hnojiv či močůvky v blízkosti zemědělských ploch, výluhy z betonových směsí používaných při stavbách v korytech potoků a řek nebo špatně fungující či nefunkční čistírny odpadních vod)
- důsledně kontrolovat lokality s výskytem nepůvodních druhů a pokusit se zabránit jejich šíření (zejména formou osvěty - viz níže)

2) OSVĚTA

Odborné prezentování problematiky ochrany raků veřejnosti je velmi důležité, neboť i v současné době stále mnoho lidí netuší nic o existenci nepůvodních druhů raků a v dobrém úmyslu je přenáší i na místa, kde se dosud nevyskytují (příkladem jsou některé oblíbené potápěčské lokality).
Hlavní osvětovou činností by měly být přednášky pro veřejnost, školní besedy, případně terénní exkurze, a to zejména v oblastech, kde se vyskytují nepůvodní i původní druhy raků. V rámci těchto akcí je třeba:

- detailně vysvětlit, jak od sebe rozlišit druhy původní a nepůvodní (viz kapitola 3.3., Box 2, Příloha 1)
- nastínit důležitost ochrany biotopů našich původních druhů raků
- neustále zdůrazňovat nebezpečí nepůvodních druhů raků, seznamovat s problematikou račího moru a prevencí jeho šíření
- varovat před přenášením raků na nové lokality a vysvětlit negativní důsledky těchto přenosů:
  - u nepůvodních druhů jsou zjevné (přenos račího moru)
  - u původních jsou oslabovány „dárcovské populace“, navíc se dosud nic

neví o možných adaptacích na lokální podmínky. Vzhledem k tomu, že už dnes je známo např. u ryb, že adaptace na lokální podmínky mohou mít genetický podklad, mohlo by zanedbání tohoto faktu mít negativní důsledky na račí populace, protože vysazení raci by mohli být adaptováni na jiné prostředí

- důrazně upozornit, že na jakoukoliv manipulaci s chráněným druhem (rak říční, rak kamenáč a dokonce i nepůvodní rak bahenní *Astacus leptodactylus*, který rovněž není odolný proti račímu moru) je třeba zvláštní povolení orgánu ochrany přírody
- důrazně upozornit, že rozšiřování nepůvodních druhů bez speciálního povolení orgánu ochrany přírody je zakázáno
- formou osvěty může být i výroba informačních tabulí (pro rybáře, potápěče i veřejnost) na lokalitách, kde se vyskytují nepůvodní druhy, s upozorněním na jejich nebezpečí a varováním před vysazováním původních i nepůvodních druhů nebo vyvěšení informačních letáků v případě úhynu raků na račí mor (viz Příloha 6)

3) MAPOVÁNÍ A MONITORING

Mapování a následný monitoring populací všech druhů raků je základem pro veškeré ochranářské aktivity. Jen dlouhodobý monitoring stávajících populací raků dokáže odhalit jejich současný stav v naší přírodě (zda dochází spíše k nárůstu nebo k poklesu početnosti) a dokáže sledovat i jejich případné šíření.
Metodika těchto aktivit by měla být pokud možno jednotná, aby nasbíraná data byla snadněji zpracovatelná a lépe využitelná. V současné době jsou celorepubliková data z mapování a monitoringu raků shromažďována na AOPK ČR v Praze. Sledování stávajících populací je dále důležité i pro odhalování račího moru. Náhlé velké úhyny raků je třeba zaznamenávat a hlásit (viz kapitola 8).

4) REPATRIACE, ZÁCHRANNÉ TRANSFERY

Všechny tyto aktivity jsou natolik choulostivé, že je nelze provádět bez dohledu odborníků. Ti musí vlastnit výjimku dle zákona České národní rady

č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny k manipulaci se zvláště chráněným druhem, kterou udělují příslušné orgány ochrany přírody. Dobře míněné snahy mohou jinak způsobit více škody než užitku a navíc jsou v rozporu se zákonem.
Proto doporučujeme věnovat se v rámci ochrany raka říčního i raka kamenáče přednostně aktivitám uvedeným v předchozích bodech. K repatriacím by mělo být přistupováno jen v omezené míře, a to pouze na lokalitách, kde jsou splněny podmínky pro dlouhodobé přežití vysazených raků (viz Příloha 9), a jak již bylo zmíněno, pouze ve spolupráci s odbornými pracovišti.
Příkladem, kdy může být repatriace raků vhodným řešením, je např. znovuvysazení raků na některé lokality, kde byla račí populace v nedávné minulosti vyhubena račím morem (avšak jen pokud se v jejich okolí nevyskytují americké druhy raků a pokud není pravděpodobný opakovaný přenos infekce). Patogen račího moru bez hostitele dlouhodobě nepřežívá a je pravděpodobné, že podmínky prostředí jsou na takových lokalitách pro raky vhodné. Zdrojem jedinců pro znovuobnovení populací by však měla být silná populace ze stejného nebo co nejbližšího povodí.
Co se týká záchranných transferů, měly by být vždy pouze tím posledním možným řešením. Mnohem důležitějším úkolem (např. vhodným pro členy NNO a znalce lokálních poměrů) by mělo být prosazovat např. ve správních řízeních takový přístup k vodním tokům, popř. jiným typům lokalit s výskytem raků, aby nemusely být transfery vůbec prováděny nebo aby byl jejich rozsah minimalizován. Je třeba si totiž uvědomit, že záchranný transfer v případech, kdy dojde k nevratnému negativnímu zásahu do biotopu, vlastně nic neřeší. Populace raků totiž bývají ve vhodném prostředí zcela nasyceny (mimo jiné jsou tak obsazeny veškeré vhodné úkryty) a vypuštění stovek, popř. tisíců raků do takovýchto biotopů má za následek pouze zvýšení vnitrodruhové konkurence a postupné snížení početnosti populace na původní hodnotu.
V rámci případných záchranných transferů je třeba se držet následujících doporučení:

- odlovení raci musí být buďto vráceni na původní místo (pokud nebylo jejich prostředí zásahem zničeno), popř. přenášeni do stejného toku nebo alespoň povodí.
- odchyt raků musí být proveden „na sucho“ - to znamená po odvedení vody z koryta (rybníka, lomu, atd.). Jinak je jeho účinnost velmi nízká.

- vzhledem ke skutečnosti, že při odchytu z delších úseků toku, rybníků nebo lomů může docházet k přesunům značného množství jedinců (řádově stovky i tisíce), je třeba při vypouštění provést jejich rovnoměrnou disperzi v rámci delšího úseku toku. Jak již bylo uvedeno výše, není možné „vysypat“ několik tisíc raků na jediné místo v korytě, popř. do jedné nádrže (v případě raka říčního a raka bahenního).
- záchranné transfery by měli vždy provádět pouze odborníci s detailní znalostí problematiky (musí bezpečně rozpoznávat všechny druhy raků, vyskytující se na našem území; musí být schopni zodpovědně zhodnotit rizika vyplývající z manipulace s těmito živočichy, zejména s potenciálními dopady na genetickou strukturu populací a možností šíření patogenu račího moru) a je třeba, aby disponovali i velmi detailními znalostmi ekologie raků. Z těchto důvodů je masovější účast laiků (např. z NNO) při takovýchto akcích značně omezena.
- je třeba disponovat příslušnými výjimkami.

V minulých letech se ochrana raků ubírala spíše směrem odchovů a následného vypouštění, jak bylo zmíněno výše. V současné době projekt repatriací a posilování stávajících populací raka říčního provádí např. VÚRH JU Vodňany v oblasti NP a CHKO Šumava, CHKO Třeboňsko, PP Písecké hory a ve správním území MÚ Písek. Pracoviště také provádí výzkum, jak optimalizovat líhnutí a následný odchov ráčat raka říčního v kontrolovaných podmínkách (Kozák 2009, Kozák et al. 2009).

Na základě současných poznatků se však domníváme, že by se cesta aktivní podpory našich původních raků měla ubírat jiným směrem než formou masovějších odchovů, a to takovým, jaký navrhujeme v předchozím textu **Hlavní zásady ochrany a péče o raky v ČR.** Jak bylo mnohokrát zmiňováno, naše původní druhy raků jsou stále vystaveny ohrožení nejen ze strany nevhodných zásahů člověkem do jejich biotopů, ale rovněž tlakem nepůvodních severoamerických raků. Ohrožení biodiverzity ze strany nepůvodních druhů je považováno za stejně důležité jako je ztráta jejich přirozeného prostředí (Souty-Grosset 2009).

Bezpochyby jsou základem aktivní ochrany raků stabilní a silné populace, na něž nepůsobí negativní vlivy a z nichž je možné předpokládat přirozenou migraci do dalších částí příslušných povodí (Chobot 2006). Protože je ale samovolné znovuosídlení některých původních lokalit raky občas nemožné, lze za určitých okolností přistoupit k přenosu raků a znovuzaložení populace původního druhu. Může se jednat i o vytipování vhodných refugií k přenosu zdravých

částí račím morem napadených populací. Takové aktivity je však potřeba vždy dobře zvážit a cílové lokality zhodnotit z mnoha různých pohledů, což by mělo snížit na minimum už výše popisovaná rizika. Příkladem komplexního přístupu k zachování stávajících a vytvoření nových populací raků je projekt zaměřený na původního evropského raka druhu *Austropotamobius pallipes* (Kemp et al. 2003). Podmínky, za jakých lze obecně přistupovat k reintrodukcím, byly utvářeny v rámci schůzky patnácti odborníků z osmi různých evropských zemí včetně České republiky v roce 2004 (Taugbøl & Peay 2004) a jsou předloženy v Příloze 9. Účastníky schůzky byli i zástupci Litvy, Norska, Švédska a Rakouska, tedy zemí, kde rak říční nepatří mezi chráněné, kriticky ohrožené živočichy. V těchto státech je stále využíván k hospodářským účelům, je proto snaha ho vysazovat, popř. slabé populace posilovat. V podmínkách České republiky není např. vhodné posilování neprosperujících populací. Daleko důležitější je zaměřit se na vyloučení vlivů, které oslabení populací způsobily. Problémem je i přítomnost invazivních raků a možnost rozšíření račího moru v blízkosti většiny lokalit případně vhodných pro repatriaci. Závěrem je nutné poznamenat, že k následujícímu shrnutí musí každý stát přistupovat individuálně, zvolit přístup vhodný pro národní podmínky a legislativu a dále posoudit vhodnost jednotlivých bodů pro místní poměry.

7. Shrnutí

Předložená publikace přináší ve svých úvodních kapitolách zejména informace obecnějšího charakteru se zaměřením na biologii raků, jejich vnější morfologii, rozmnožování, individuální vývoj, potravu a predaci. Na dalších stránkách je pozornost věnována rakům z pohledu celoevropského a celosvětového měřítka, jejich rozšíření, klasifikaci i původu na Zemi. Přehled druhů vyskytujících se v Evropě je uveden s poznámkami o jejich známém rozšíření. U vybraných druhů jsou zmíněny i hlavní určovací znaky a to z důvodu, že se jedná o nebezpečné nepůvodní raky, u kterých je velká pravděpodobnost jejich rozšíření i do volných vod ČR.

Hlavní kapitoly práce jsou věnovány pěti druhům raků žijícím v našich vodách. Důraz je kladen na jejich správnou determinaci, a proto se první kapitoly této části textu knihy zaměřují právě na přehled a popis určovacích znaků jednotlivých druhů i jejich mezidruhové porovnání. Podrobněji je zmíněn projekt celorepublikového mapování výskytu raků, který byl koordinován AOPK ČR. Výsledky, které přinesl, jsou zapracovány v textech u každého z jednotlivých druhů a v kapitole o nárocích raků na kvalitu vody. Rovněž je pojednáno o ekologii a biologii račích druhů známých z našeho území a o jejich rozšíření ve světě. Jedna z kapitol se zaměřuje na zákonnou ochranu raků, přehled červených seznamů, mezinárodních úmluv a zákonů týkajících se našich druhů. Poslední část textu je věnována ohrožení populací raků a jejich biotopů a nastínění možností jejich ochrany.

8. Kontaktní adresy

Přestože byla převážná část našeho území již zmapována z hlediska výskytu raků, považujeme kontinuální sběr dat o rozšíření všech u nás známých druhů za velmi důležitý i do budoucna. Mapování a následný monitoring populací raků je základem pro ochranu těchto druhů. Sledování stávajících populací je důležité i z hlediska odhalování onemocnění račího moru. Veškeré údaje o pozorování raků proto uvítáme a informace v případě nálezu jakéhokoli druhu můžete hlásit na AOPK ČR, ústřední pracoviště v Praze (konkrétně Monika Štambergová, monika.stambergova@nature.cz). Rovněž je třeba zaznamenávat případné náhlé velké úhyny raků a hlásit je buď na AOPK ČR, anebo přímo na katedru ekologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze, kde se v současnosti výzkumem račího moru zabývají. V případě výše uvedených nálezů kontaktujte Adama Petruska (petrusek@cesnet.cz) nebo Evu Kozubíkovou (evikkk@post.cz) e-mailem nebo na telefonu 221 951 807. V následujících kapitolách jsou uvedeny další kontaktní místa v ČR.

8.1. Státní organizace ochrany přírody

Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky (AOPK ČR)

web: www.ochranaprirody.cz
(zde lze nalézt kontakty na zoology na jednotlivých pracovištích)

AOPK ČR - ústřední pracoviště
Nuselská 39
140 00 Praha 4
tel.: 241 082 111
e-mail: aopkcr@nature.cz

Krajská střediska AOPK ČR:

Středisko Brno
P.O. Box 120, Kotlářská 51
657 20 Brno
tel.: 549 210 226
e-mail: brno@nature.cz

Středisko České Budějovice
nám. Přemysla Otakara II. 34
370 01 České Budějovice
tel.: 386 110 711
e-mail: ceske_budejovice@nature.cz

Středisko Havlíčkův Brod
Husova 2115
580 01 Havlíčkův Brod
tel.: 569 423 885, 569 429 494
e-mail: havlickuv_brod@nature.cz

Středisko Hradec Králové
Pražská 155
500 04 Hradec Králové
tel.: 495 823 247
e-mail: hradec_kralove@nature.cz

Středisko Karlovy Vary
Bezručova 8
360 01 Karlovy Vary
tel.: 353 398 200, 353 398 201
e-mail: karlovy.vary@nature.cz

Středisko Liberec
U Jezu 10
460 01 Liberec
tel.: 482 428 988
e-mail: liberec@nature.cz

Středisko Olomouc
Lafayettova 13
772 00 Olomouc
tel.: 585 224 157
e-mail: olomouc@nature.cz

Středisko Ostrava
Trocnovská 2
702 00 Ostrava
tel.: 596 133 673, 596 133 674
e-mail: ostrava@nature.cz

Středisko Pardubice
Jiráskova 1665
530 02 Pardubice
tel.: 466 797 580
e-mail: pardubice@nature.cz

Středisko Plzeň
P.O. Box 101, Malá 9
304 01 Plzeň
tel.: 373 300 055
e-mail: plzen@nature.cz

Středisko Praha a Střední Čechy
U Šalamounky 41/769
158 00 Praha 5
tel.: 251 101 686
e-mail: praha@nature.cz

Středisko Ústí nad Labem
Bělehradská 1308/17
400 01 Ústí nad Labem
tel.: 475 220 525
e-mail: usti@nature.cz

Středisko Zlín
Zarámí 88
760 01 Zlín
tel.: 577 653 513
e-mail: zlin@nature.cz

Správy chráněných krajinných oblastí:

Správa CHKO Beskydy
Nádražní 36
756 61 Rožnov pod Radhoštěm
tel.: 571 654 293
e-mail: beskydy@nature.cz

Správa CHKO Bílé Karpaty
Nádražní 318
763 26 Luhačovice
tel.: 577 119 626, 577 119 627, 577 119 628
e-mail: bilekarp@nature.cz

Správa CHKO Blaník
Vlašimská 8
257 06 Louňovice pod Blaníkem
tel.: 317 852 654, 317 701 884
e-mail: blanik@nature.cz

Správa CHKO Blanský les
Vyšný 59
381 01 Český Krumlov
tel.: 380 301 031
e-mail: blanles@nature.cz

Správa CHKO Broumovsko
Ledhujská 59
549 54 Police nad Metují
tel.: 491 549 020
e-mail: broumovsko@nature.cz

Správa CHKO České středohoří
Michalská 260/14
412 01 Litoměřice
tel.: 416 574 611
e-mail: cstred@nature.cz

Správa CHKO Český kras
čp. 85
267 18 Karlštejn
tel.: 311 681 023
e-mail: ceskras@nature.cz

Správa CHKO Český les
nám. Republiky 287
348 06 Přimda
tel.: 374 796 243
e-mail: ceskyles@nature.cz

Správa CHKO Český ráj
Antonína Dvořáka 294
511 01 Turnov
tel.: 481 321 900
e-mail: ceskyraj@nature.cz

Správa CHKO Jeseníky
Šumperská 93
790 01 Jeseník
tel.: 584 458 659
e-mail: jeseniky@nature.cz

Správa CHKO Jizerské hory
U Jezu 10
460 01 Liberec
tel.: 482 428 997, 482 428 999
e-mail: jizhory@nature.cz

Správa CHKO Kokořínsko
Česká 149
276 01 Mělník
tel.: 315 728 061
e-mail: kokorin@nature.cz

Správa CHKO Křivoklátsko
čp. 5
270 24 Zbečno
tel.: 313 251 178, 313 251 180
e-mail: krivoklat@nature.cz

Správa CHKO Labské pískovce
Teplická 424/69
405 02 Děčín
tel.: 412 518 929
e-mail: labpis@nature.cz

Správa CHKO Litovelské Pomoraví
Husova 906/5
784 01 Litovel
tel.: 585 344 156, 585 344 157
e-mail: litpom@nature.cz

Správa CHKO Lužické hory
Školní 12
471 25 Jablonné v Podještědí
tel.: 487 762 356
e-mail: luzhory@nature.cz

Správa CHKO Moravský kras
Svitavská 29
678 01 Blansko
tel.: 516 428 880
e-mail: morkras@nature.cz

Správa CHKO Orlické hory
Dobrovského 332
516 01 Rychnov nad Kněžnou
tel.: 494 539 541
e-mail: orlhory@nature.cz

Správa CHKO Pálava
Náměstí 32
692 01 Mikulov
tel.: 519 510 585
e-mail: palava@nature.cz

Správa CHKO Poodří
ul. 2. května 1
742 13 Studénka
tel.: 556 455 055
e-mail: poodri@nature.cz

Správa CHKO Slavkovský les
Hlavní třída 504
353 01 Mariánské Lázně
tel.: 354 624 081
e-mail: slavkles@nature.cz

Správa CHKO Třeboňsko
Valy 121
379 01 Třeboň
tel.: 384 701 011
e-mail: trebonsko@nature.cz

Správa CHKO Žďárské vrchy
Brněnská 39
591 02 Žďár nad Sázavou
tel.: 566 653 111
e-mail: zdarvrch@nature.cz

Správa CHKO Železné hory
Náměstí 317
538 25 Nasavrky
tel.: 469 677 420
e-mail: zelhory@nature.cz

Správy národních parků:

Správa Národního parku České Švýcarsko
web: www.npcs.cz
Pražská 52
407 46 Krásná Lípa
tel.: 412 354 050
e-mail: n.park@npcs.cz

Správa Krkonošského národního parku
web: www.krnap.cz
Dobrovského 3
543 01 Vrchlabí
tel.: 499 456 111
e-mail: podatelna@krnap.cz

Správa Národního parku Podyjí
web: www.nppodyji.cz
Na Vyhlídce 1581/5
669 02 Znojmo
tel.: 515 282 240
e-mail: info@nppodyji.cz

Správa Národního parku a chráněné krajinné oblasti Šumava
web: www.npsumava.cz
1. máje 260/19
385 01 Vimperk II
tel.: 388 450 111
e-mail: vimperk@npsumava.cz

Ministerstvo životního prostředí
web: www.env.cz
Vršovická 1442/65
100 10 Praha 10
tel.: 267 121 111
e-mail: info@mzp.cz

Česká inspekce životního prostředí
web: www.cizp.cz (zde lze nalézt kontakty na oddělení ochrany přírody na jednotlivých oblastních inspektorátech ČIŽP)
Na Břehu 267
190 00 Praha 9
tel.: 222 860 111
e-mail: Public@cizp.cz

Krajské úřady (odkazy na web)
Magistrát hlavního města Prahy (www.magistrat.praha-mesto.cz)
Krajský úřad Jihočeského kraje (www.kraj-jihocesky.cz)
Krajský úřad Jihomoravského kraje (www.kr-jihomoravsky.cz)
Krajský úřad Karlovarského kraje (www.kr-karlovarsky.cz)
Krajský úřad Kraje Vysočina (www.kr-vysocina.cz)
Krajský úřad Královéhradeckého kraje (www.kr-kralovehradecky.cz)
Krajský úřad Libereckého kraje (www.kraj-lbc.cz)
Krajský úřad Moravskoslezského kraje (www.kr-moravskoslezsky.cz)
Krajský úřad Olomouckého kraje (www.kr-olomoucky.cz)
Krajský úřad Pardubického kraje (www.pardubickykraj.cz)
Krajský úřad Plzeňského kraje (www.kr-plzensky.cz)
Krajský úřad Středočeského kraje (www.kr-stredocesky.cz)
Krajský úřad Ústeckého kraje (www.kr-ustecky.cz)
Krajský úřad Zlínského kraje (www.kr-zlinsky.cz)

8.2. Státní podniky Povodí

Povodí Labe, s.p.
web: www.pla.cz
Víta Nejedlého 951/8
500 03 Hradec Králové - Slezské Předměstí
tel.: 495 088 111
e-mail: labe@pla.cz

Povodí Moravy, s.p.
web: www.pmo.cz
Dřevařská 932/11
602 00 Brno - Veveří
tel.: 541 637 202
e-mail:sekretariatgr@povodi.cz

Povodí Odry, s.p.
web: www.pod.cz
Varenská 3101/49
702 00 Ostrava - Moravská Ostrava
tel.: 596 657 111
e-mail: info@pod.cz

Povodí Ohře, s.p.
web: www.poh.cz
Bezručova 4219
430 03 Chomutov
tel.: 474 636 111
e-mail: poh@poh.cz

Povodí Vltavy, s.p.
web: www.pvl.cz
Holečkova 106/8
150 00 Praha - Smíchov
tel.: 221 401 111
e-mail: pvl@pvl.cz

8.3. Vybrané vysoké školy

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
web: www.jcu.cz
Branišovská 1160/31
370 05 České Budějovice 2
tel.: 389 031 111
e-mail: rektorat@jcu.cz

Pedagogická fakulta Západočeské univerzity v Plzni
web: www.fpe.zcu.cz
Univerzitní 8
306 14 Plzeň
tel.: 377 631 111

Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity
web: www.sci.muni.cz
Kotlářská 2
611 37 Brno
tel.: 549 491 111

Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity v Ostravě
web: prf.osu.cz
30. dubna 22
701 03 Moravská Ostrava
tel.: 597 092 100, 738 512 100

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
web: www.natur.cuni.cz
Albertov 6
128 43 Praha 2
tel.: 221 951 111

8.4. Seznam vybraných muzeí

Národní muzeum - zoologické oddělení
web: www.nm.cz
Václavské nám. 68
115 79 Praha 1
tel.: 224 497 111

Regionální muzeum v Kolíně
web: www.muzeumkolin.cz
Brandlova 35
282 02 Kolín
tel.: 321 722 988

Jihočeské muzeum v Českých Budějovicích
web: www.muzeumcb.cz
Dukelská 1
370 51 České Budějovice
tel.: 387 929 311

Prácheňské muzeum v Písku
web: www.prachenskemuzeum.cz
Velké nám. 114
397 24 Písek
tel.: 382 201 111

Moravské zemské muzeum - zoologické oddělení
web: www.mzm.cz
Zelný trh 6

Jihomoravské muzeum ve Znojmě
web: www.znojmuz.cz
Přemyslovců 8
669 45 Znojmo
tel.: 515 282 211

Krajské muzeum Karlovarského kraje
web: www.kymuz.cz
Nová louka 23
360 01 Karlovy Vary
tel.: 353 226 252

Muzeum východních Čech v Hradci Králové
web: www.muzeumhk.cz
Eliščino nábřeží 465
500 01 Hradec Králové
tel.: 495 514 631

Severočeské muzeum v Liberci
web: www.muzeumlb.cz
Masarykova 11
460 01 Liberec
tel.: 485 246 111

Vlastivědné muzeum a galerie v České Lípě
web: www.muzeumcl.cz
nám. Osvobození 297
470 34 Česká Lípa
tel.: 487 824 145

Slezské zemské muzeum
web: www.szmo.cz
Masarykova 35
746 01 Opava
tel.: 553 712 870

Vlastivědné muzeum v Olomouci
web: www.vmo.cz
nám. Republiky 5
771 73 Olomouc
tel.: 585 515 111

Muzeum Prostějovska v Prostějově
web: www.muzeumpv.cz
nám. T. G. Masaryka 2
796 01 Prostějov
tel.: 582 342 286

Východočeské muzeum v Pardubicích
web: www.vcm.cz
Zámek čp. 2
530 02 Pardubice
tel.: 466 799 240

Západočeské muzeum v Plzni
web: www.zcm.cz
Kopeckého sady 2
301 00 Plzeň
tel.: 377 236 460

Hornické muzeum Příbram
web: www.muzeum-pribram.cz
nám. Hynka Kličky 293
261 01 Příbram VI. - Březové Hory
tel.: 318 626 307, 318 633 138

Muzeum města Ústí nad Labem
web: www.muzeumusti.cz
Masarykova 1000/3
400 01 Ústí nad Labem
tel.: 475 210 937

Regionální muzeum v Teplicích
web: www.muzeum-teplice.cz
Zámecké nám. 14
415 01 Teplice
tel.: 417 537 869

Muzeum Vysočiny Jihlava
web: www.muzeum.ji.cz
Masarykovo nám. 55
586 01 Jihlava
tel.: 420 573 890

Muzeum jihovýchodní Moravy ve Zlíně
web: www.muzeum-zlin.cz
Soudní 1, schr. 175
762 57 Zlín
tel.: 577 004 611

8.5. Doporučené internetové odkazy

Mezinárodní astakologická společnost - web: http://iz.carnegiemnh.org/crayfish/IAA/

9. Literatura

Ackefors, H. (1999a): The positive effects of established crayfish introductions in Europe. - In: F. Gherardi & D.M. Holdich (eds.). Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation? Crustacean Issues 11. 49-61. Rotterdam.

Ackefors, H.E.G. (1999b): Observations on the yearly life cycle of *Astacus astacus* in a small lake in Sweden. - *Freshwater Crayfish,* 12: 413-429.

Adámek, Z. & Řehulka, J. (2000): Choroby a komenzálové raků zjištění v České republice v roce 1998. - *Bulletin VÚRH Vodňany*, 36, 1-2: 28-32.

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.

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: 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.

Alexopoulos, E., McCrohan, C.R., Powell, J.J., Jugdaohsingh, R. & White, K.N. (2003): Bioavailability and toxicity of freshly neutralised aluminium to the freshwater crayfish *Pacifastacus leniusculus*. - *Environmental Contamination and Toxicology*, 45: 509-514.

Allinson, G., Laurenson, L., Pistone, G., Stagnitti, F. & Jones, P.L. (2000): Effects of dietary copper on the Australian freshwater crayfish *Cherax destructor*. - *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 123 pp.

Anonymus (1998): ČSN 75 7221. Jakost vody - Klasifikace jakosti povrchových vod. - 12 pp.

Anonymus (2005): Stav životního prostředí v jednotlivých krajích České republiky. Oloumoucký kraj. - http://www.cenia.cz.

Anonymus (2008a): Mapování výskytu bezobratlých živočichů. Korýši. - http://www.biolib.cz.

Anonymus (2008b): Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2007: stav ke dni 31. 1. 2007. - Ministerstvo zemědělství ČR, 95 pp.

Anonymus (2009): Stovky raků a ryb otrávila v Bystřičce neznámá látka. - http://www.ekolist.cz.

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

Beran, L. (1995): Raci v CHKO Kokořínsko, část 1. - *Ochrana přírody*, 50, 4: 114-115.

Beran, L. (1999): Znáte naše raky? - *Světem zvířat*, 4: 60-61.

Beran, L. & Petrusek, A. (2006): First record of the invasive spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (Crustacea: Cambaridae) in the Bohemian Forest (South Bohemia, Czech Republic). - *Silva Gabreta*, 12, 3: 143-146. Vimperk.

Bohl, E. (1987): Comparative studies on crayfish brooks in Bavaria (*Astacus astacus* L., *Austropotamobius torrentium* Schr.). - *Freshwater Crayfish*, 7: 287-294.

Bohman, P., Nordwall, F. & Edsman, L. (2006): The effect of the large scale introduction of signal crayfish on the spread of crayfish plague in Sweden. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 380-381: 1291-1302.

Braband, A., Kawai, T. & Scholtz, G. (2006): The phylogenetic position of the East Asian freshwater crayfish *Cambaroides* within the Northern Hemisphere Astacoidea (Crustacea, Decapoda, Astacida) based on molecular data. - *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 44, 1: 17-24. Berlin.

Breinholt, J., Pérez-Losada, M. & Crandall, K.A. (2009): The Timing of the Diversification of the Freshwater Crayfishes. - In: J.W. Martin, K.A. Crandall & D.L. Felder (eds.). Decapod Crustacean Phylogenetics. Crustacean Issues 18. CRC Press. 343-355.

Brtek, J. (1992): Rak kamenáč, rak skalný *Astacus torrentium* (Schrank, 1803). - In: L. Škapec et al. (eds.). Červená kniha ohrožených a vzácných druhů živočichů ČSFR 3, bezobratlí. Príroda. 58-59. Bratislava.

Budd, T.W., Lewis, J.C. & Tracey, M.L. (1978): The filter-feeding apparatus in crayfish. - *Canadian Journal of Zoology*, 56: 685-707. (*Non vidi*).

Budd, T.W., Lewis, J.C. & Tracey, M.L. (1979): Filtration feeding in *Orconectes propinquus* and *Cambarus robustus*. - *Crustaceana Supplement*, 5: 131-134. (*Non vidi*).

Buřič, M., Kočí, L., Petrusek, A., Kouba, A. & Kozák, P. (*in press*): Invaders eating invaders: potential trophic interactions between amphipods *Dikerogammarus villosus* and juvenile crayfish *Orconectes limosus*. - *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*.

Buřič, M., Kouba, A., Policar, T. & Kozák, P. (2009): Invazní druhy raků ve vodách ČR a mechanismy jejich negativního vlivu na původní astakofaunu. - *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 Microbiology*, 5: 353-357.

Cerenius, L., Laurent, P. & Edsman, L. (2002): Roundtable session 3A. Protection of natives in a plague situation. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 367: 909-910.

Cerenius, L. & Söderhäll, K. (1984a): Chemotaxis in *Aphanomyces astaci*, an arthropod parasitic fungus. - *Journal of Invertebrate Pathology*, 43: 278-281.

Cerenius, L. & Söderhäll, K. (1984b): Repeated zoospore emergence from isolated spore cysts of *Aphanomyces astaci*. - *Experimental Mycology*, 8: 370-377.

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. & Buhay, J.E. (2008): Global diversity of crayfish (Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae - Decapoda) in freshwater. - *Hydrobiologia*, 595: 295-301.

Crandall, K.A., Harris, D.J. & Fetzner, J.W. Jr. (2000): The monophyletic origin of freshwater crayfish estimated from nuclear and mitochondrial DNA sequences. - *Proceedings of the Royal Society*, B, 267: 1679-1686. London.

Cukerzis, J.M. (1988): *Astacus astacus* in Europe. - In: D.M. Holdich & R.S. Lowery (eds.). Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation. 309-340. The University Press, Cambridge. (*Non vidi*).

Dalzell, D.J.B. & Macfarlane, N.A.A. (1999): The toxicity of iron to brown trout and effects on the gills: a comparison of two grades of iron sulphate. - *Journal of Fish Biology*, 55: 301-315.

Dehus, P. (2000): Fische in Baden-Württemberg: Lebensraum Seen und Weiher. - Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, 128 pp. Stuttgart.

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: 425-432.

Diéguez-Uribeondo, J. (2006): The dispersion of the *Aphanomyces astaci*-carrier *Pacifastacus leniusculus* by humans represents the main cause of disappearance of the indigenous crayfish *Austropotamobius pallipes* in Navarra. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 380-381: 1303-1312.

Dolný, A. & Ďuriš, Z. (2001): Výskyt ohrožených bezobratlých na důlních odkalištích v Karviné. - *Živa*, 6: 268-270.

Ďuriš, Z. (2000): Původ a rozšíření raků na Zemi. - *Bulletin VÚRH Vodňany*, 1-2: 4-11.

Ďuriš, Z. & Butovskij, R. (1990): Raci z Ussuri. - *Živa*, 3: 124-125.

Ďuriš, Z. & Horká, I. (2005): Rešerše biologie a ekologie raků v České republice. - Nepublikovaná zpráva. Deponována ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka v Praze, 31 pp. Ostrava.

Ďuriš, Z. & Horká, I. (2007): První nález invazního raka pruhovaného *Orconectes limosus* (Rafinesque) na území Moravy a Slezska v ČR. - *Časopis Slezského muzea Opava* (*A*), 56: 49-52.

Ďuriš, Z., Horká, I., Kristian, J. & Kozák, P. (2006): Some cases of macro-epibiosis on the invasive crayfish *Orconectes limosus* in the Czech Republic. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 380-381: 1325-1337.

Ďuriš, Z., Kozák, P., Policar, T. & Theimer, J. (2001): Rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schrank) v České republice. - *Časopis Slezského muzea Opava* (*A*), 50: 85-93.

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, příloha V: 1-4.

Dyk, V. (1940): Vzdornost raka říčního *(Potamobius astacus* L.*)* k znečištění vody umělými hnojivy, močí skotu a vepřů a hašeným vápnem. - *Sborník České Akademie Zemědělské,* 15, 1: 84-86. (*Non vidi*).

Edgerton, B.F., Evans, L.H., Stephens, F.J. & Overstreet, R.M. (2002): Synopsis of freshwater crayfish diseases and commensal organisms. - *Aquaculture*, 206: 57-135.

Evans, L.H. & Edgerton, B.F. (2002): Pathogens, Parasites and Commensals. - In: D.M. Holdich (ed.). Biology of Freshwater Crayfish. 377-438. Blackwell Science Ltd. Oxford.

Eversole, A.G. & Sellers, B.C. (1997): Comparison of relative crayfish toxicity values. - *Freshwater Crayfish*, 11: 274-285.

Eversole, A.G., Whetstone, J.M. & Sellers, B.C. (1996): Handbook of Relative Acute Toxicity Values for Crayfish. - 8 pp.

Faller, M.I., Maguire, I. & Klobučar, G.I. (2006): Annual activity of the noble crayfish (*Astacus astacus*) in the Orlava river (Crotia). - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture,* 383: 23-40.

Filipová, L., Holdich, D.M., Lesobre, J., Grandjean, F. & Petrusek, A. (2009): Cryptic diversity within the invasive virile crayfish *Orconectes virilis* (Hagen, 1870) species complex: new lineages recorded in both native and introduced ranges. - *Biological Invasions*. http://www.springerlink.com/content/7v84562052u1113k.

Filipová, L., Kozubíková, E. & Petrusek, A. (2006a): *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) - rak pruhovaný. - In: J. Mlíkovský & P. Stýblo (eds.). Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. ČSOP. 237-239. Praha.

Filipová, L., Petrusek, A., Kozák, P. & Policar, T. (2006b): Distribuce raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) v České republice. - In: J. Bryja & J. Zukal (eds.). Zoologické dny Brno 2006. 37-38.

Filipová, L., Petrusek, A., Kozák, P. & Policar, T. (2006c): *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) - rak signální. - In: J. Mlíkovský & P. Stýblo (eds.). Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. ČSOP. 239-240. Praha.

Fischer, D. (2005a): Zásady managementu raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) v ČR. - Nepublikovaná zpráva. Deponována na Agentuře ochrany přírody a krajiny ČR, 10 pp. Příbram.

Fischer, D. (2005b): Zhodnocení vlivu predace norkem americkým (*Mustela vison*) na populace raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Vyhodnocení velikosti vybraných populací raka kamenáče. Vyhodnocení migračních schopností raka kamenáče. - Nepublikovaná zpráva. Deponována na Agentuře ochrany přírody a krajiny ČR, 29 pp. Příbram.

Fischer, D. (2006): Výčet a popis rizikových zásahů, které mohou negativně ovlivnit vývoj populací raků a způsoby jejich řešení. Metodika záchranných transferů raků. - Nepublikovaná zpráva. Deponována na Ministerstvu životního prostředí ČR, 29 pp. Voltuš.

Fischer, D., Bádr, V., Vlach, P. & Fischerová, J. (2004a): Nové poznatky o rozšíření raka kamenáče v Čechách. - *Živa*, 52, 2: 79-81.

Fischer, D., Fischerová, J., Vlach, P., Bádr, V. & Štambergová, M. (2004b): Nové poznatky o rozšíření raka kamenáče v ČR, základní ekologické parametry jeho populací a možnosti jejich zjišťování. - In: J. Bryja & J. Zukal (eds.). Zoologické dny Brno 2004. 46.

Fischer, D. & Pavluvčík, P. (2006): Vliv predace norkem americkým (*Mustela vison*) na vybrané populace raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) ve středních a západních Čechách. - In: J. Bryja & J. Zukal (eds.). Zoologické dny Brno 2006. 38-39.

Fischer, D., Pavluvčík, 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.

Flegel, T.W. (1997): Special topic review: Major viral diseases of the black tiger prawn (*Penaeus monodon*) in Thailand. - *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 13: 433-442.

Foster, J. (1995): Factors influencing the distribution and abundance of the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) in Wales and the Marches, U.K. - *Freshwater Crayfish*, 8: 78-98.

Foukal, L. (1979): Právní normy v ochraně přírody. - Okresní vlastivědné muzeum J. A. Komenského, Moravské ornitologické sdružení, Přerov.

Franěk, B. (2008): Vliv odpadních vod na raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) na Lučním potoce (Třebušín, Litoměřice). - Diplomová práce, 157 pp. Ústí nad Labem.

Fritsch, A. & Kafka, J. (1887): Die Crustaceen der Böhmischen Kreideformation. - 53 pp. Praha.

Füreder, L. & Machino, Y. (1999): Past and present crayfish situations in Tyrol (Austria and Northern Italy). - *Freshwater Crayfish*, 12: 751-764.

Füreder, L., Summerer, M. & Brandstätter, A. (2009): Phylogeny and species composition of five European species of *Branchiobdella* (Annelida: Clitellata: Branchiobdellida) reflect the biogeographic history of three endangered crayfish species. - *Journal of Zoology*, 279, 2: 164-172.

Fürst, M. (1995): On the recovery of *Astacus astacus* L. populations after an epizootic of the crayfish plague (*Aphanomyces astaci* Shikora). - *Freshwater Crayfish*, 8: 565-576.

Goddard, J.S. (1988): Food and Feeding. - In: D.M. Holdich & R.S. Lowery (eds.). Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation. The University Press. 145-166. Cambridge.

Goldman, C.R. (1973): Ecology and physiology of the California crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana) in relation to its suitability for introduction into European waters. - *Freshwater Crayfish*, 1: 106-120.

Grandjean, F., Bramard, M. & Souty-Grosset, C. (1996): Distribution and proposals for the conservation of *Austropotamobius pallipes pallipes* in a French department. - *Freshwater Crayfish*, 11: 655-664.

Gruner, H.-E. (1992): Infraordnung Astacidea. - In: H.-J. Hannemann, B. Klausnitzer & K. Senglaub (eds.). Exkursionsfauna von Deutschland. Band 1 - Wirbellose. Volk und Wissen Verlag GmbH. 532-534. Berlin.

Guner, U. (2007): Freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) accumulates and depurates copper. - *Environmental Monitoring and Assessment*, 133, 1-3: 365-369.

Hajer, J. (1989): Americký druh raka v Labi. - *Živa*, 37, 3: 125.

Hajer, J. (1994): Expanze raků druhu *Cambarus affinis* SAY ve vodách České republiky. - *Fauna Bohemiae Septentrionalis*, 19: 123-128. Ústí nad Labem.

Hall, L. & Unestam, T. (1980): The effect of fungicides on survival of the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci*, Oomycetes, growing on fish scales. - *Mycopathologia*, 72: 131-134.

Hamr, P. (1990): Tasmanian giant freshwater lobster. - *Australian Natural History*, 23, 5: 362.

Hamr, P. (2002): *Orconectes*. - In: D.M. Holdich (ed.). Biology of Freshwater Crayfish. Blackwell Science Ltd. 585-608. Oxford.

Hanel, L. & Lusk, S. (2005): Ryby a mihule České republiky. Rozšíření a ochrana. - Český svaz ochránců přírody Vlašim a Ministerstvo životního prostředí, 448 pp.

Harlioğlu, M.M. (2008): The harvest of the freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholtz in Turkey: harvest history, impact of crayfish plague, and present distribution of harvested populations. - Aquaculture International, 16: 351-360.

Harlioğlu, M.M. & Güner, U. (2007): A new record of recently discovered crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803), in Turkey. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 387: 1-5.

Henttonen, P. & Huner, J.V. (1999): The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction. - In: F. Gherardi & D.M. Holdich (eds.). Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation? Crustacean Issues 11. 13-22. Rotterdam.

Hiruta, S. (1996): The presence of signal crayfish in Hokkaido, Japan. - Crayfish News, 19, 1: 12.

Hobbs, H.H. Jr. (1988): Crayfish distribution, adaptive radiation and evolution. - In: D.M. Holdich & R.S. Lowery (eds.). Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation. The University Press. 52-82. Cambridge.

Hobbs, H.H. III., 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. E. J. Brill, Leiden.

Hogger, J.B. (1988): Ecology, Population Biology and Behaviour. - In: D.M. Holdich & R.S. Lowery (eds.). Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation. The University Press. 114-144. Cambridge.

Hochwimmer, G., Tober, R., Bibars-Reiter, R., Licek, E. & Steinborn, R. (2009): Identification of two GH18 chitinase family genes and their use as targets for detection of the crayfish-plague oomycete *Aphanomyces astaci*. - *BMC Microbiology*, 9: 184.

Holdich, D.M. (1999): The negative effects of established crayfish introductions. - In: F. Gherardi & D.M. Holdich (eds.). Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation? Crustacean Issues 11. 31-47. Rotterdam.

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

Holdich, D.M. (2002b): Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 367: 611-650.

Holdich, D. & Black, J. (2007): The spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (Crustacea: Decapoda: Cambaridae), digs into the UK. - *Aquatic Invasions*, 2, 1: 1-16.

Holdich, D.M. & Reeve, I.D. (1988): Functional Morphology and Anatomy. - In: D.M. Holdich & R.S. Lowery (eds.). Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation. The University Press. 11-51. Cambridge.

Holzer, M. (1987): Akce Rak po roce. - *Naší přírodou*, 4: 74-75.

Holzer, M. (1989): Jak dál s ochranou raků u nás. - *Naší přírodou*, 9, 7: 162.

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

Horká, I. (2006): *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 - rak bahenní. - In: J. Mlíkovský & P. Stýblo (eds.). Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. ČSOP. 229-231. Praha.

Horton, R.E. (1945): Erosional development of streams and their drainage basins. - *Geological Society of America Bulletin*, 56: 275-370.

Houša, V. (1957): *Bechleja inopinata* n. g., n. sp., nový ráček z českých třetihor (Decapoda, Palaemonidae). - *Sborník Ústředního Ústavu geologického, oddíl paleontologie*, 23 (1956): 365-395. Praha.

Houša, V. (1966): Třída Malacostraca Latreille, 1806 - Rakovci. - In: Z. Špinar et al. (eds.). Systematická paleontologie bezobratlých. Academia. 704-746. Praha.

Hruška, J., Majer, V. & Fottová, D. (2006): Vliv kyselé depozice na chemismus povrchových vod v Krkonoších. - *Opera Corcontica*, 43: 95-110.

Hudec, I. (1994): Rozšírenie rakov (Crustacea, Decapoda) na východnom Slovensku. - *Zborník Východoslovenského múzea v Košiciach, Prírodné vedy*, 35: 9-14. Košice.

Huner, J.V. & Lindqvist, O.V. (1995): Physiological adaptations of freshwater crayfish that permit successful aquacultural ventures. - *American Zoologist*, 35, 1:12-19.

Chobot, K. (2006): Mapování raků v AOPK ČR. - *Ochrana přírody*, 61, 2: 57-59. Praha.

Chucholl, Ch. & Daudey, T. (2008): First record of *Orconectes juvenilis* (Hagen, 1870) in eastern France: update to the species identity of a recently introduced orconectid crayfish (Crustacea: Astacida). - *Aquatic Invasions*, 3, 1: 105-107.

IUCN (2009): IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. - www.iucnredlist.org. Downloaded on 01 October 2009.

Janský, V. & Kautman, J. (2007): Americký rak *Orconectes limosus* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) už aj na Slovensku. - *Acta Rerum Naturalium Musei Nationalis Slovenici*, 53: 21-25. Bratislava.

Jeberg, M.V. & Jensen, F.B. (1994): Extracellular and intracellular ionic changes in crayfish *Astacus astacus* exposed to nitrite at two acclimation temperatures. - *Aquatic Toxicology*, 29: 65-72.

Jiravanichpaisal, P., Söderhäll, K. & Söderhäll, I. (2004): Effect of water temperature on the immune response and infectivity pattern of white spot syndrome virus (WSSV) in freshwater crayfish. - *Fish and Shellfish Immunology*, 17, 3: 265-275.

Johnsen, S.I., Taugbøl, T., Andersen, O., Museth, J. & Vrålstad, T. (2007): The first record of the non-indigenous signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in Norway. - *Biological Invasions*, 9: 939-941.

Jones, D.S. & Morgan, G.J. (2002): A field guide to crustaceans of Australian waters. - Western Australian Museum, 224 pp.

Jones, J.P.G., Rasamy, J.R., Harvey, A., Toon, A., Oidtmann, B., Randrianarison, M.H., Raminosoa, N. & Ravoahangimalala, O.R. (2009): The perfect invader: a parthenogenic crayfish poses a new threat to Madagascar´s freshwater biodiversity. - *Biological Invasions*, 11: 1475-1482.

Kemp, E., Birkinshaw, N., Peay, S. & Hiley, P.D. (2003): Reintroducing the White-clawed Crayfish *Austropotamobius pallipes*. - Conserving Natura 2000 Rivers. Conservation Techniques, Series No. I. English Nature, 30 pp. Peterborough.

Koese, B. (2008): Gestreepte Amerikaanse rivierkreeft - *Procambarus acutus/zonangulus*. - Rivierkreeften, proeftabel: 15.

Kozák, P. (2009): Zpráva o provedených pracích v roce 2008 v rámci výjimky podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny udělené dne 16. 4. 2004 Č.j. MŽP/31785/03-620/6215/03-V1284. - Nepublikovaná zpráva. Deponována na Agentuře ochrany přírody a krajiny ČR. Praha.

Kozák, P., Adámek, Z. & Řehulka, J. (2000a): Úhyn raků na následky račího moru v potoce Pšovka v roce 1998. - *Bulletin VÚRH Vodňany*, 36, 1-2: 41-46.

Kozák, P., Adámek, Z. & Řehulka, J. (2000b): Úhyn raků v potoce Pšovka v roce 1998, 5.17, Studie č. 17. - In: Z. Svobodová & J. Máchová (eds). Ekotoxikologie, praktická cvičení, část 2. Diagnostika havarijních úhynů ryb a dalších vodních organizmů. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie. 109-112. Brno.

Kozák, P., Červinka, S. & Vladík, P. (2000c): Úhyn raků na potoce Loděnický (Kačák) v roce 1999, 5.18, Studie č. 18. - In: Z. Svobodová & J. Máchová (eds). Ekotoxikologie, praktická cvičení, část 2. Diagnostika havarijních úhynů ryb a dalších vodních organizmů. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie. 113-116. Brno.

Kozák, P., Pokorný, J., Policar, T. & Kouřil, J. (1998): Základní morfologické znaky k rozlišení raků v ČR. - *Metodika*, 56, 20 pp. VÚRH JU Vodňany.

Kozák, P. & Policar, T. (2001): Tolerance juvenilních stádií raka říčního (*Astacus astacus* L.) a signálního (*Pacifastacus leniusculus* D.) ke krátkodobým změnám teploty. - In: J. Máchová, Z. Svobodová & T. Randák (eds): *Sborník referátů z konference Toxicita a biodegradabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí*. 154-159. Vodňany.

Kozák, P., Policar, T. & Ďuriš, Z. (2000d): Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium* Schr.) - podklady pro vytvoření soustavy chráněných území Natura 2000. - Nepublikovaná zpráva. Deponována na Agentuře ochrany přírody a krajiny ČR, 52 pp. Vodňany.

Kozák, P., Policar, T., Kouba, A., Buřič, M. & Ďuriš, Z. (2009): Problematika reintrodukcí a hospodářského využití původních druhů raků v Evropě, realita a perspektivy v ČR. - *Bulletin VÚRH Vodňany*, 45, 2-3: 25-33.

Kozubíková, E., Filipová, L., Kozák, P., Ďuriš, Z., Martín, M.P., Diéguez-Uribeondo, J., Oidtmann, B. & Petrusek, A. (2009): Prevalence of the crayfish plague pathogen *Aphanomyces astaci* in invasive American crayfishes in the Czech Republic. - *Conservation Biology*, 23, 5: 1204-1213.

Kozubíková, E. & Petrusek, A. (2006): O nevítaných račích přistěhovalcích a zkáze, kterou přinášejí. - *Rybářství*, 7: 52-55.

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

Kozubíková, E., Petrusek, A., Ďuriš, Z., Kozák, P., Geiger, S., Hoffmann, R. & Oidtmann, B. (2006): The crayfish plague in the Czech Republic - review of recent suspect cases and a pilot detection study. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 380-381: 1313-1323.

Kozubíková, E., Petrusek, A., Ďuriš, Z., Martín, M.P., Diéguez-Uribeondo, J. & Oidtmann, B. (2008): The old menace is back: recent crayfish plague outbreaks in the Czech Republic. - *Aquaculture*, 274: 208-217.

Krupauer, V. (1968): Zlatý rak. - 109 pp. Nakladatelství České Budějovice.

Krupauer V. (1982): Raci. - Český rybářský svaz, 69 pp. Pardubice.

Kumstátová, T. (2005): Rešerše a hodnocení realizovaných a probíhajících projektů aktivní ochrany raka říčního (*Astacus astacus*) v České republice. - In: T. Kumstátová, P. Nová & P. Marhoul (eds.). Hodnocení projektů aktivní podpory ohrožených živočichů v České republice. 19-44. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha.

Laurent, P. (1973): *Astacus* and *Cambarus* in France. - *Freshwater Crayfish*, 1: 69-78.

Laurent, P.J., Nicolas, J. & Paris, L. (1997): Les repeuplements en *Astacus astacus* L. Synthèse des essais réalisés en Lorraine et en Morvan, enseignements à en tirer. - *L´Astaciculteur de France*, 51: 34-38.

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

Lindqvist, O.V. & Huner, J.V. (1999): Life history characteristics of crayfish: What makes some of them good colonizers? - In: F. Gherardi & D.M. Holdich (eds.). Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation? Crustacean Issues 11. 23-30. Rotterdam.

Lloyd, R. (1992): Pollution and freshwater fish. Fishing. - News books, 176 pp. Oxford.

Lohniský, K. (1984a): Poznámky k současnému výskytu raka kamenáče *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) v Čechách. - *Časopis Národního muzea, řada přírodovědná*, 153, 4: 195-200.

Lohniský, K. (1984b): Rozšíření raků ve východních Čechách a jeho změny v posledních desetiletích. - *Zpravodaj krajského muzea východních Čech*, 2: 5-28.

Lom, J., Nilsen, F. & Dyková, I. (2001): *Thelohania contejeani* Henneguy, 1982: dimorphic life cycle and taxonomic affinities, as indicated by ultrastructural and molecular study. - *Parasitological Research*, 87: 860-872.

Lulayová, Z. (2007): Rozšíření raků v CHKO Kokořínsko. - Bakalářská práce, Fakulta lesnická, Česká zemědělská univerzita v Praze, 45 pp.

Maguire, I., Erben, R., Klobučar, G.I.V. & Lajtner, J. (2002): A year cycle of *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in streams on Medvednica mountain (Croatia). - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 367: 943-957.

Maguire, I. & Gottstein-Matočec, S. (2004): The distribution pattern of freshwater crayfish in Croatia. - *Crustaceana*, 77, 1: 25-47.

Máchová, J., Svobodová, Z., Vykusová, B. & Kroupová, H. (2004): Praktické zkušenosti s ekotoxikologickým hodnocením chemických látek a přípravků. - *Sborník referátů pracovní konference Ekotoxikologické biotesty 4*, Chrudim 15. - 17.9. 2004, Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o.: 155-159.

Martin, J.W. & Davis, G.E. (2001): An Updated Classification of the Recent Crustacea. - Science Series, Natural History Museum of Los Angeles County, 39: 124 pp.

Martin, P., Pfeifer, M. & Füllner, G. (2008): First record of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) (Crustacea: Decapoda: Astacidae) from Saxony (Germany). - *Faunistische Abhandlungen*, 26: 103-108. Dresden.

Marzano, F.N., Scalici, M., Chiesa, S., Gherardi, F., Piccinini, A. & Gibertini, G. (2009): The first record of the marbled crayfish adds further threats to fresh waters in Italy. - *Aquatic Invasions*, 4, 2: 401-404.

Matouš, H. (1995): Blaničtí rytíři a labští zbojníci. - *Rybářství*, 9: 269.

Matthews, M. & Reynolds, J.D. (1990): Laboratory investigations of the pathogenicity of *Aphanomyces astaci* for Irish fresh water crayfish. - *Hydrobiologia*, 203: 121-126.

Miko, L., Borovičková, H., Havelková, S., Roth, P., Stloukal, P. & Vopálková, A. (2005): Zákon o ochraně přírody a krajiny. Komentář. - 1. vydání, C.H. Beck, 526 pp. Praha.

Mlíkovský, J. & Stýblo, P. (eds.) (2006): Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. ČSOP. 496 pp. Praha.

Mourek, J., Zavadil, V., Fischer, D., Štambergová, M. & Hoffmannová, K. (2006): Dva druhy raků v Zákolanském potoce. - Budeč 1 100 let. II. Příroda - krajina - člověk, 146-164. Kováry.

Naghshbandi, N., Zare, S., Heidari, R. & Razzaghzadeh, S. (2007): Concentration of heavy metals in different tissues of *Astacus leptodactylus* from Aras dam of Iran. - *Pakistan Journal of Biological Sciences,* 10, 21: 3956-3959.

Nunan, L.M., Poulos, B.T. & Lightner, D.V. (1998): The detection of white spot syndrome virus (WSSV) and yellow head virus (YHV) in imported commodity shrimp. - *Aquaculture*, 160, 1-2: 19-30.

Nylund, V. & Westman, K. (2000): The prevalence of crayfish plague (*Aphanomyces astaci*) in two signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) populations in Finland. - *Journal of Crustacean Biology*, 20: 777-785.

Nyström, P. (2002): Ecology. - In: D.M. Holdich (ed.). Biology of Freshwater Crayfish. Blackwell Science Ltd. 192-235. Oxford.

Oidtmann, B. (2000): Diseases in freshwater crayfish. - In: D. Rogers & J. Brickland (eds.). *Proceedings of the Crayfish conference in Leeds in 2000*. 9-18. Leeds.

Oidtmann, B., El-Matbouli, M., Fischer, H., Hoffman, R., Klärding, K., Schmid, I. & Schmidt, R. (1997): Light microscopy of *Astacus astacus* L., under normal and selected pathological conditions with special emphasis to porcelain disease and crayfish plague. - *Freshwater Crayfish*, 11: 465-480.

Oidtmann, B., Geiger, S., Steinbauer, P., Culas, A. & Hoffmann, R.W. (2006): Detection of *Aphanomyces astaci* in North American crayfish by polymerase chain reaction. - *Diseases of Aquatic Organisms*, 72: 53-64.

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.

Oidtmann, B., Schmid, I., Rogers, D.W. & Hoffmann, R.W. (1999): An improved isolation method for the cultivation of the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci*. - *Freshwater Crayfish*, 12: 303-312.

Pârvulescu, L., Paloş, C. & Molnar, P. (2009): First record of the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) in Romania. - *North-Western Journal of Zoology*, 5, 2. (*In press*).

Payne, J.F. (1997): Adaptive success within the cambarid life cycle. - *Freshwater Crayfish*, 11: 1-12. (*Non vidi*).

Peay, S., Hiley, P.D., Collen, P. & Martin, I. (2006): Biocide treatment of ponds in Scotland to eradicate signal crayfish. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture,* 380-381: 1363-1380.

Pecina, P. (1979): Kapesní atlas chráněných a ohrožených živočichů. - SPN, 223 pp. Praha.

Pecina, P. (1985): O ráčatech na potoce. - *Nika*, 6, 10: 227-229.

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.

Petrusek, A. & Petrusková, T. (2007): Invasive American crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Decapoda: Astacidae) in the Morava River (Slovakia). - *Biologia*, 62, 3: 356-359. Bratislava.

Petrusková, T., Fischer, D., Štambergová, M., Petrusek, A. & Kozubíková, E. (2006): Praktická ochrana raků. - Nepublikovaná zpráva. Deponována na Agentuře ochrany přírody a krajiny ČR. Praha.

Pitter, P. (1999): Hydrochemie. - Vydavatelství VŠCHT, 568 pp. Praha.

Plesník, J. & Cepáková, E. (2005): Kategorie a kritéria IUCN - Světového svazu ochrany přírody pro červené seznamy ohrožených druhů. - In: J. Farkač, D. Král & M. Škorpík (eds.). Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red list of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. 15-35. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha.

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

Pöckl, M., Holdich, D.M. & Pennerstorfer, J. (2006): Identifying native and alien crayfish species in Europe. - European Project CRAYNET, 47 pp.

Pöckl, M. & Pekny, R. (2002): Interaction between native and alien species of crayfish in Austria: Case studies. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 367: 763-776.

Pöckl, M., Pennerstorfer, J. & Pekny, R. (bez vročení): *Flusskrebse in Österreich*. - Gugler Print & Media, Melk.

Polák, K. (1886): Rak skalní (*Astacus torrentium* Schrank). - *Vesmír*, 15: 115-116. Praha.

Policar, T. & Kozák, P. (2000): Výskyt raků v ČR. - *Bulletin VÚRH Vodňany*, 36, 1-2: 18-22.

Policar, T., Kozák, P., Kouba, A. & Buřič, M. (2009): Základní aspekty produkce raka říčního v Evropě. - *Bulletin VÚRH Vodňany*, 45, 2-3: 66-81.

Policar, T., Máchová, J. & Kozák, P. (2003): Akutní toxicita volného amoniaku a dusitanů pro ročky raka říčního (*Astacus astacus* L.). - In: P. Dočkal & J. Máchová (eds.). Toxicita a biodegradabilita látek a odpadů významných ve vodním prostředí. *Sborník referátů 11. konference Soláň 1. - 3.9.2003*. 215-222. [CD-ROM].

Policar, T., Máchová, J., Kozák, P. & Vykusová, B. (2001): Akutní toxicita herbicidního přípravku Reglone, insekticidu Sumithion super a standardu p-nitrofenol pro juvenilní stádia raka signálního (*Pacifastacus leniusculus* D.). - In: J. Máchová, Z. Svobodová & T. Randák (eds.): *Sborník referátů z konference Toxicita a biodegradabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí*. 168-176. Vodňany.

Policar, T., Simon, V. & Kozák, P. (2004): Egg incubation in the noble crayfish (*Astacus astacus* L.): the effect of controlled laboratory and outdoor ambient condition on hatching success, growth and survival rate of juveniles. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 372-373: 411-423.

Puky, M. (2009): Confirmation of the presence of the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) in Slovakia. - *North-Western Journal of Zoology*, 5, 1: 214-217.

Ragan, M.A., Goggin, C.L., Cawthorn, R.J., Cerenius, L., Jamieson, A.V.C., Plourde, S.M., Rand, T.G., Söderhäll, K. & Gutell, R.R. (1996): A novel clade of protistan parasites near the animal-fungal divergence. - *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93: 11907-11912.

Rallo, A. & Garcia-Arberas, L. (2002): Differences in abiotic water conditions between fluvial reaches and crayfish fauna in some northern rivers of the Iberian Peninsula. -*Aquatic Living Resources*, 15: 119-128.

Renz, M. & Breithaupt, T. (2000): Habitat use of the crayfish *Austropotamobius torrentium* in small brooks and in Lake Constance, Southern Germany. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 356: 139-154.

Reynolds, J.D. (2002): Growth and Reproduction. - In: D.M. Holdich (ed.). Biology of Freshwater Crayfish. Blackwell Science Ltd. 152-191. Oxford.

Reynolds, J.D. (2009): Metody monitoringu výskytu a odchytu sladkovodních raků. - Odborný seminář Ochrana raků v kontextu s rybářským hospodařením. *Sborník abstraktů a vybraných přednášek*: 38-46.

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: 103-112.

Rukke, N.A. (2002): Effects of low calcium concentrations on two common freshwater crustaceans, *Gammarus lacustris* and *Astacus astacus*. - *Functional Ecology*, 16: 357-366.

Scalici, M., Chiesa, S., Gherardi F., Ruffini, M., Gibertini, G. & Marzano, F.N. (2009): The new threat to Italian inland waters from the alien crayfish "gang": the Australian *Cherax destructor* Clark, 1936. - *Hydrobiologia*, 632: 341-345.

Scribani, A. (1913): Racionální rakařství. - 38 pp. Praha (separatum).

Scholtz, G. (2002): Phylogeny and Evolution. - In: D.M. Holdich (ed.). Biology of Freshwater Crayfish. Blackwell Science Ltd. 30-52. Oxford.

Scholtz, G., Braband, A., Tolley, L., Reimann, A., Mittmann, B., Lukhaup, C., Steuerwald, F. & Vogt, G. (2003): Parthenogenesis in an outsider crayfish. - *Nature*, 421: 806. http://dx.doi.org/10.1038/421806a.

Schubart, C.D. & Huber, M.G.J. (2006): Genetic comparisons of German populations of the stone crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Crustacea: Astacidae). - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 380-381: 1019-1028.

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.

Schulz, H.K., Smietana, 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: 223-233.

Sinclair, E.A., Fetzner, J.W. Jr., Buhay, J. & Crandall, K.A. (2004): Proposal to complete a phylogenetic taxonomy and systematic revision for freshwater crayfish (Astacidea). - *Freshwater Crayfish*, 14: 21-29.

Sint, D. & Füreder, L. (2004): Reintroduction of *Astacus astacus* L. in East Tyrol, Austria. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 372-373: 301-314.

Skurdal, J., Qvenild, T., Taugbøl, T. & Fjeld, E. (1990): A 6-year study of *Thelohania contejeani* parasitism of the noble crayfish, *Astacus astacus* L., in Lake Steinsfjorden, S. E. Norway. - *Journal of Fish Diseases*, 13, 5: 411- 415.

Skurdal, J. & Taugbøl, T. (2002): *Astacus*. - In: D.M. Holdich (ed.). Biology of Freshwater Crayfish. Blackwell Science Ltd. 467-510. Oxford.

Sládeček, V. (1988): Rak říční - *Astacus astacus* Linné. - *Souborný referát pro JZD Mír v Práčích*, VŠCHT, 18.1.1988, 27 pp. Praha. (*Non vidi*).

Söderhäll, I. & Söderhäll, K. (2002): Immune reactions. - In: D.M. Holdich (ed.). Biology of Freshwater Crayfish. Blackwell Science Ltd. 439-464. Oxford.

Söderhäll, K. & Cerenius, L. (1999): The crayfish plague fungus: History and recent advances. - *Freshwater Crayfish*, 12: 11-35.

Soes, M. (2008): Een vondst van de Australische roodklauwkreeft (*Cherax quadricarinatus*) in Nederland. - Kreeften, nieuwsbrief 2: 7-8.

Sogin, M.L. & Siiberman, J.D. (1998): Evolution of the protists and protistan parasites from the perspective of molecular systematics. - *International Journal of Parasitology*, 28: 11-20.

Souty-Grosset, C. (2009): Ochrana původních - evropských sladkovodních raků: recentní příklady z Evropy. - Odborný seminář Ochrana raků v kontextu s rybářským hospodařením. *Sborník abstraktů a vybraných přednášek*: 5-12.

Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noël, P.Y., Reynolds, J.D. & Haffner, P. (eds.) (2006): Atlas of crayfish in Europe. - Muséum National d´Histoire Naturelle, Patrimoines Naturels, 64, 187 pp. Paris.

Spitzy, R. (1973): Crayfish in Austria: History and actual situation. - *Freshwater Crayfish*, 1: 10-14.

Starobogatov, Ya.I. (1995): Taxonomy and geographical distribution of crayfishes of Asia and East Europe (Crustacea Decapoda Astacoidei). - *Arthropoda Selecta*, 4, 3-4: 3-25.

Strahler, A.N. (1957): Quantitative analysis of watershed geomorphology. - Transactions of the American Geophysical Union, 38: 913-920.

Svobodová, J., Douda, K. & Vlach, P. (2009): Souvislost mezi výskytem raků a jakostí vody v České republice. - *Bulletin VÚRH Vodňany*, 45, 2-3: 100-109.

Svobodová, J., Štambergová, M., Vlach, P., Picek, J., Douda, K. & Beránková, M. (2008): Vliv jakosti vody na populace raků v České republice - porovnání s legislativou ČR. - *Vodní hospodářství*, 12, příloha VTEI, 50, 6: 1-5.

Svobodová, Z., Gelnarová, J., Justýn, J., Krupauer, V., Simanov, L., Valentová, V., Vykusová, B. & Wohlgemuth, E. (1987): Toxikologie vodních živočichů. - SZN, 231 pp. Praha.

Štambergová, M., Bádr, V. & Ďuriš, Z. (2005): Decapoda (desetinožci). - In: J. Farkač, D. Král & M. Škorpík (eds.). Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red list of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. 100-101. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha.

Štambergová, M. & Kučera, Z. (2009): Celoplošné mapování a monitoring populací raků v ČR. - *Bulletin VÚRH Vodňany*, 45, 2-3: 91-99.

Štěpán, V.J. (1932): Soudobý stav rakařství v Čechách. - *Československý rybář*, 12: 102-104, 114-117, 127-130. Vodňany.

Štěpán, V.J. (1933): Soudobý stav rakařství v Čechách. - *Československý rybář*, 13: 7-9, 27-29, 39-42, 50-53. Vodňany.

Štěpán, V.J. (1934): Výsledky chovu raků v rybnících za poslední léta. - *Československý rybář*, 14, 1: 4-5. České Budějovice.

Taugbøl, T. & Peay, S. (2004): Roundtable session 3. Reintroduction of native crayfish and habitat restoration. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 372-373: 465-471.

Trontelj, P., Machino, Y. & Sket, B. (2005): Phylogenetic and phylogeographic relationships in the crayfish genus *Austropotamobius* inferred from mitochondrial COI gene sequences. - *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 34: 212-226.

Troschel, H.J. & Dehus, P. (1993): Distribution of crayfish species in the Federal Republic of Germany, with special reference to *Austropotamobius pallipes*. - *Freshwater Crayfish*, 9: 390-398.

Trouilhé, M.C., Souty-Grosset, C., Grandjean, F. & Parinet, B. (2007): Physical and chemical water requirements of the white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*) in western France. - *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 17: 520-538.

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. (1969a): On the Adaptation of *Aphanomyces astaci* as a Parasite. - *Physiologia Plantarum*, 22: 221-235.

Unestam, T. (1969b): Resistance to the crayfish plague in some American, Japanese and European crayfishes. - *Report of the Institute of the 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 the Freshwater Research Drottningholm*, 52: 192-198.

Unestam, T. (1975): The dangers of introducing new crayfish species. - *Freshwater Crayfish*, 2: 557-561.

Vlach, P., Fischer, D. & Hulec, L. (2009): The stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in the Czech Republic. - Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. (*In press*).

Vogt, G. & Rug, M. (1999): Life stages and tentative life cycle of *Psorospermium haeckeli*, a species of the novel DRIPs clade from the animal-fungal dichotomy. - *Journal of Experimental Zoology*, 283: 31-42.

Vogt, G., Tolley, L. & Scholtz, G. (2004): Life Stages and Reproductive Components of the Marmorkrebs (Marbled Crayfish), the First Parthenogenetic Decapod Crustacean. - *Journal of Morphology*, 261: 286-311.

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.

Ward, R.J., McCrohan, C.R. & White, K.N. (2006): Influence of aqueous aluminium on the immune system of the freshwater crayfish *Pacifastacus leniusculus*. - *Aquatic toxicology*, 77, 2: 222-228. Amsterdam.

Westman, K. (1973): The population of the crayfish, *Astacus astacus* L. in Finland and the introduction of the American crayfish *Pacifastacus leniusculus* Dana. - *Freshwater Crayfish*, 1: 42-55.

Westman, K., Savolainen, R. & Julkunen, M. (2002): Replacement of the native crayfish *Astacus astacus* by the introduced species *Pacifastacus leniusculus* in a small, enclosed Finnish lake: a 30-year study. - *Ecography*, 25: 53-73.

Wizen, G., Galil, B.S., Shlagman, A. & Gasith, A. (2008): First record of red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) in Israel - too late to eradicate? - *Aquatic Invasions*, 3, 2: 181-185.

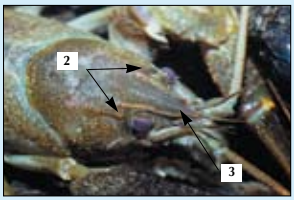
Yildiz, H.Y. & Benli, A.C.K. (2004): Nitrite toxicity to crayfish, *Astacus leptodactylus*, the effects of sublethal nitrite exposure on hemolymph nitrite, total hemocyte counts, and hemolymph glucose. - *Ecotoxicology and Environmental Safety,* 59: 370-375.

Přílohy

PŘÍLOHA 1 URČOVACÍ KLÍČ NAŠICH RAKŮ

URČOVACÍ KLÍČ NAŠICH RAKŮ

Monika Štambergová, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR



Rak kamenáč – *Austropotamobius torrentium*
(foto M. Štambergová)

- původní druh obývající zvláště potoky a řeky s kamenitým nebo štěrkovitým dnem
- vyhláškou č. 395/1992 Sb. řazen mezi kriticky ohrožené druhy
- maximální délka 10 cm, široká klepeta na povrchu drsná, spodní strana klepet světle žlutě zbarvená (1) (u raka říčního červená), jeden pár tzv. postorbitálních lišt (2), krátké rostrum tvaru rovnostranného trojúhelníku (3)

(foto Z. Ďuriš)
Rak kamenáč, samec, Luční potok, V. 2000

- Ve srovnání s rakem říčním je pro kamenáče typické světlé šedobílé až nažloutlé zbarvení klepet.
- Pozor na raka pruhovaného, který má podobné zbarvení spodiny klepet, ale na rozdíl od raka kamenáče má na článcích zadečku nápadné tmavé skvrny v příčných pruzích.

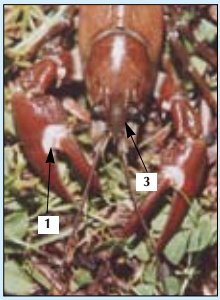
samice s vajíčky

Rak bahenní – *Pontastacus* (= *Astacus*) *leptodactylus* (foto I. Horká, M. Štambergová)

- nepůvodní druh dovezený do ČR z Polska, který obývá zejména rybníky, jezera a druhotné lokality, na které byl vysazen
- vyhláškou č. 395/1992 Sb. řazen mezi ohrožené druhy
- délka až nad 15 cm, silně trnitý povrch těla (zejména po stranách hlavohrudi), úzká protažená klepeta na povrchu drsná (1), spodní strana klepet světle žlutě zbarvená, dva páry postorbitálních lišt, velmi dlouhé úzké rostrum

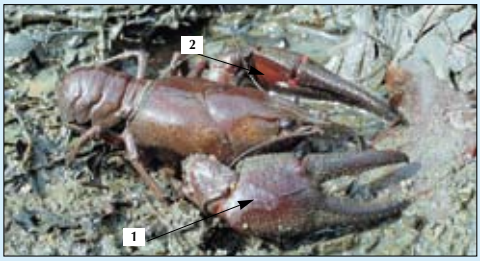
Rak pruhovaný – *Orconectes limosus*
(foto Z. Ďuriš)

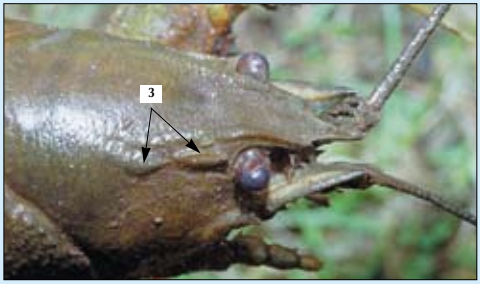
- introdukovaný, invazní druh, původem ze Severní Ameriky
- nebezpečný přenašeč „račího moru“, sám je vůči němu rezistentní
- maximální délka 11 cm, ostré trny po stranách hlavohrudi (na „tvářích“), rezavé příčné pruhy na vrchní straně každého zadečkového článku (1), nevelká klepeta s oranžovými špičkami prstů, spodní strana klepet bělavá, jeden pár postorbitálních lišt, dlouhé ostře špičaté rostrum



Rak signální – *Pacifastacus leniusculus*
(foto M. Štambergová)

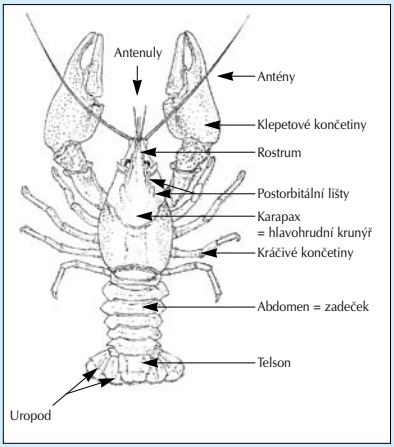
- introdukovaný, invazní druh, původem ze Severní Ameriky
- nebezpečný přenašeč „račího moru“, sám je vůči němu vysoce rezistentní
- délka až nad 15 cm, povrch hlavohrudi i klepet hladký bez trnů, velká široká klepeta s výraznou bílou až namodralou skvrnou na klepetech u kloubů prstů – tzv. „signální skvrna“ (odtud i druhový název) (1), spodní strana klepet červeně zbarvená (2), dva páry postorbitálních lišt, dlouhé špičaté rostrum (3)





Rak říční – *Astacus astacus*
(foto M. Štambergová)

- původní druh obývající zvláště potoky, rybníky a druhotné lokality, na které byl vysazen
- vyhláškou č. 395/1992 Sb. řazen mezi kriticky ohrožené druhy
- délka až nad 15 cm, široká klepeta na povrchu drsná (1), spodní strana klepet červeně zbarvená (2), dva páry postorbitálních lišt (3), středně dlouhé špičaté rostrum



Rak říční – *Astacus astacus*
(podle Krupauera, 1968 - upraveno)

- pohled ze hřbetní strany - popis hlavních částí těla

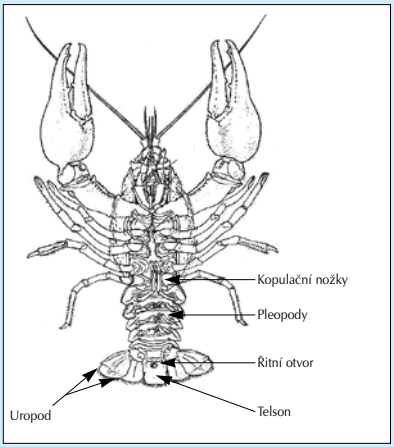
Kontakt:

Monika Štambergová
Agentura ochrany přírody a krajiny ČR
Nuselská 34, 140 00 Praha 4 - Nusle
tel.: 241 082 702
e-mail: monika.stambergova@nature.cz

Rozlišení pohlaví

♀
- zadeček rozšířený (u dospělých bývá širší než hlavohruď); pohlavní otvory na bázi 3. páru kráčivých končetin; 1. pár pleopodů chybí, 2. pár vyvinut stejně jako následující páry
- vajíčka zavěšena na pleopodech, u raka říčního od října do června, u raka pruhovaného později – obvykle v květnu-červnu!

♂
- zadeček není širší než hlavohruď; pohlavní otvory na bázi 5. (tj. posledního) páru kráčivých končetin; na spodní straně 1. a 2. zadečkového článku přítomny dopředu směřující kopulační nožky, tj. pleopody tvaru nápadně se odlišujícího od pleopodů 3. - 5. článku



Rak říční – *Astacus astacus*
(podle Krupauera, 1968 - upraveno)

- pohled z břišní strany - rozlišení pohlaví

Příloha 2

Metodika mapování raků – malé vodní toky

1. Cíl mapování

Mapování výskytu raků AOPK ČR si klade za úkol tři základní cíle.

1.1 Zmapování výskytu raků (rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*), rak říční (*Astacus astacus*), rak bahenní (*Astacus leptodactylus*), rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) a rak signální (*Pacifastacus leniusculus*)) na území ČR. Mapování by mělo postihnout všechny typy potenciálních biotopů (velké toky, malé toky, rybníky, jezera, umělé nádrže). Maximální důraz při spolupráci s externími mapovateli však bude kladen na malé a střední vodní toky. Mapování velkých toků, rybníků a nádrží provede tým odborníků z AOPK ČR.

1.2 Zjišťování základních populačních charakteristik u nalezených populací raků.

1.3 Kategorizace všech toků v mapovaných územích (s ohledem na výskyt raků).

Pozn.: Zjištěné výsledky budou mimo jiné sloužit jako výchozí podklady pro případnou tvorbu a konečnou podobu záchranných programů pro autochtonní druhy raků.

2. Postup při mapování

2.1 **Mapované území**

Každý mapovatel obdrží od AOPK ČR mapy vybraného území v měřítku 1 : 50 000. Ve většině případů se bude jednat o celá povodí nebo jejich části. V rámci zadaného území (povodí) provede průzkum všech vodních toků podle níže uvedené metodiky (viz 2.2, 2.3.). Zkoumané úseky povinné (viz 2.2.) budou předem označeny kódem na mapách dodaných AOPK ČR, úseky doplňkové označí do příslušných map a formulářů mapovatel sám (použije kód označující nejbližší povinný úsek a k němu přidá navíc lomítko a malé písmeno).

2.2 **Počet úseků, vzdálenost mezi úseky**

V rámci každého mapovaného toku bude zadavatelem (AOPK ČR) vymezen patřičný počet povinných úseků. Vzdálenost mezi zkoumanými úseky na každém toku bude od 3 do 3,5 km. Zadavatel je zpracovateli vyznačí do mapových podkladů (1 : 50 000). První mapovaný úsek se nachází vždy při soutoku s hlavním tokem, další potom v určené vzdálenosti. Poslední mapovaný úsek bude cca 1 km od pramene toku. Délka mapovaných úseků je určena na 100 metrů. Při práci v terénu může mapovatel za určitých podmínek zkoumaný úsek oproti dodaným mapovým podkladům posunout (v případě, že se v blízkosti nachází úsek s větší pravděpodobností výskytu raků - např. kamenitý klidný úsek v jinak bahnitém toku apod.). Konkrétní lokalizaci zkoumané části toku zakreslí mapovatel do dodané mapy.

Při této hustotě mapovaných úseků mohou být u některých toků při mapování vynechány významné úseky - např. v extrémních případech může dojít k situaci, že u jinak regulovaného koryta, protékajícího navíc např. polními tratěmi, bude při mapování vynechán 3 km dlouhý lesní úsek přírodního charakteru. V takovýchto případech, které lze odhadnout již na základě studia mapových podkladů, mapovatel může po dohodě se zadavatelem zařadit do mapování další místo v tomto úseku.

2.3 **Postup mapování (ve smyslu 1.1.)**

Ve vymezeném úseku o délce 100 m mapovatel v souladu s bodem 1.1. prohledá dostatečný počet potenciálních úkrytů raků (viz seznam možných úkrytů). Nejmenší počet prohledaných úkrytů je stanoven na 50, při menším počtu přítomných úkrytů prohledá mapovatel všechny v mapovaném úseku. Mapování ve 100 m úseku nebude ukončeno ani v případě nalezení jedince(ů) jakéhokoliv druhu raka - snížila by se tak pravděpodobnost případného zachycení sympatricky se vyskytujících druhů.

V případě nálezu jakéhokoliv druhu raka provede mapovatel následující:

a) v **každém** zkoumaném úseku stanoví základní populační charakteristiky (viz kap. 2.4.)
b) fotograficky zdokumentuje nalezené druhy raků (je třeba co možná nejdetailnější snímek). Od každého druhu alespoň 2 fotografie (snímek shora a ze spodní strany).

c) v rámci celého toku vymezí oblast s výskytem nalezeného druhu (tím se nerozumí podrobné zjišťování kontinuity výskytu, ale vymezení úseku toku, ve kterém je rak nalézán - např. od obce XY k ústí - jinými slovy jde pouze o zjištění hranic výskytu v daném toku).

Pozn.: **Pokud nelze provést průzkum daného toku metodikou přímého prohledávání úkrytů, sdělí tuto skutečnost mapovatel neprodleně AOPK ČR. V souladu s ustanovením smlouvy bude nalezen náhradní úsek nebo bude snížena celková částka za mapování.**
Po prozkoumání vymezeného úseku, popř. po podrobném zjištění základních populačních charakteristik mapovatel vyplní příslušný formulář (viz Příloha 3).

2.4 **Postup zjišťování základních populačních charakteristik různých druhů raků (ve smyslu 1.2.)**
Mapovatel prohledá pokud možno **všechny** potenciální úkryty na ploše 10 m^2 při vysoké abundanci raků a na ploše 20 m^2 při abundanci nízké (totéž platí i v případě, že nelze mapovat celou šířku toku, a bude tedy prohledávána pouze břehová linie). Výstupem bude počet raků na m^2 dna. U odchycených raků bude zjištěno pohlaví a budou rozděleni do délkových kategorií (délka těla se měří pravítkem nebo posuvným měřítkem od rypce (rostra) po konec narovnaného telsonu (ploutvičky)). Zjištěné parametry budou zaznamenány do oficiálního formuláře.

Nastanou-li při mapování nejasnosti s druhovým určením nalezených raků, bude vše mapovatelem popsáno do příslušného formuláře (viz bod 8a) a bude pořízena fotodokumentace takových jedinců (snímek shora a ze spodní strany).

Dojde-li při monitoringu k nálezu nepůvodních druhů raků, tj. raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) či raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), sdělí tuto skutečnost mapovatel neprodleně AOPK ČR a přeruší mapování na daném toku kvůli nezbytné sterilizaci výstroje. Obuv z takové lokality je nutné postříkat roztokem Sava, nechat působit, poté opláchnout v horké vodě a nechat uschnout. Zmíněné opatření je nezbytné z důvodu ochrany proti případnému možnému přenosu smrtelného infekčního onemocnění, tzv. račího moru, jehož původcem je plíseň *Aphanomyces astaci*, na další sledované lokality.

Úkryty

a) volné prostory pod kameny nebo jinými předměty, a to především v pomaleji tekoucích nebo stojatých partiích toku
b) obnažené kořenové systémy nebo větve živých i mrtvých stromů rostoucích v korytě nebo v břehové linii
c) jemný naplavený sediment, spadané listí
d) vyhrabané úkryty (nory) v bahnitém nebo jiném dně
e) volně v korytě (především na jílovitém dně s nedostatkem úkrytů)
f) v regulacích, ve škvírách mezi kameny opevňujícími břehy toků, někdy i v zatravňovacích panelech a polovegetačkách v polních kapilárách!
g) mimo koryto, případně pod kameny v blízkosti vysychajícího koryta

Metodika mapování raků – velké vodní toky

1. Postup při mapování

1.1 **Mapované území**

Každý mapovatel obdrží od AOPK ČR mapy vybraného území v měřítku 1 : 50 000 s vyznačenými částmi toků určenými k ověření výskytu raků.

1.2 **Počet úseků, vzdálenost mezi úseky**

V rámci každého mapovaného toku bude zadavatelem (AOPK ČR) vymezen patřičný počet úseků, které budou lokalizovány v mapách. Vzdálenost mezi zkoumanými úseky na tocích bude cca 5 km (4 - 7 km v závislosti na vhodnosti biotopu).

Při této hustotě mapovaných úseků mohou být u některých toků při mapování vynechány významné úseky. V takových případech, které lze odhadnout již na základě studia mapových podkladů, mapovatel může po dohodě se zadavatelem zařadit do mapování další místo v tomto úseku.

1.3 **Postup mapování**

Vrše budou instalovány na klidnější místa toku (zejména u mostů, nadjezí apod.), použití v proudných úsecích není efektivní. Vrš bude instalována do hlubších partií v příbřežní zóně (zejména tam, kde je kamenný zához na měkkém říčním dnu). Na zvoleném vhodném úseku budou rozmístěny nejméně 3 vrše. Jako návnadu navrhujeme použít netučné rybí maso (např. plotice, okoun), osvědčil se rovněž chléb (ověřeno při odchytu druhů rak říční, rak kamenáč a rak signální). Pro vyšší efektivitu doporučujeme uložit návnadu do drobné klícky např. z drátěného pletiva, aby nebyla návnada hned pozřena a mohla delší dobu raky přitahovat. K zatížení vrše bude použit nejlépe kámen vložený dovnitř. Vrš bude celá ponořena pod hladinou, provazem upevněna ke kmenům stromů, keřů či kamenům na břehu. Vrše doporučujeme uložit do skrytého místa a úvazek zamaskovat, aby nedošlo k jejich nežádoucímu poškození či krádeži. Rovněž doporučujeme kontaktovat správce či majitele daných úseků vodních toků či ploch a upozornit je na mapovací akci.

Vrše budou instalovány navečer. Kontrola může být provedena již v noci (min. 4 hodiny po instalaci). Umožňují-li to podmínky, bude kontrola provedena bez manipulace s vrší, v ostatních případech bude tato manipulace co nejšetrnější. Budou-li raci při noční kontrole nalezeni, výsledky budou zaznamenány do formuláře a nebude nutné ve sledování daného úseku dále pokračovat. Nebude-li zjištěn výskyt raků nebo nebude-li kontrola prováděna v noci vůbec, vrš bude ponechána na daném místě do druhého dne, zkontrolována a poté odstraněna.
Po každém průzkumu bude vyplněn formulář (Příloha 3) mapování raků. Nalezené druhy raků na jednotlivých lokalitách budou fotograficky zdokumentovány (alespoň 2 fotografie od každého druhu - snímek shora a ze spodní strany).

Nastanou-li při mapování nejasnosti s druhovým určením nalezených raků, bude vše mapovatelem popsáno do příslušného formuláře.

Dojde-li při mapování k nálezu nepůvodních druhů raků, tj. raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) či raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), sdělí tuto skutečnost mapovatel neprodleně AOPK ČR a bude pro tentýž den mapování použitými vršemi ukončeno kvůli nezbytné sterilizaci výstroje. Obuv z takové lokality je možné postříkat roztokem Sava, nechat působit a opláchnout v takové vzdálenosti od povrchových vod, aby nedošlo k jejich přímé kontaminaci. V případě vrší použijte k jejich sterilizaci vroucí vodu, ve které budou ponechány cca 10 minut, následně je nechte vyschnout 2 až 3 dny. V krajním případě postačí pouze dlouhodobější vyschnutí (bez použití sterilizace v horké vodě). Poté je možné vrše používat dál. Zmíněné opatření je nezbytné z důvodu ochrany proti případnému možnému přenosu smrtelného infekčního onemocnění, tzv. račího moru, jehož původcem je plíseň *Aphanomyces astaci*, na další sledované lokality.

Metodika mapování raků – stojaté vody

1. Postup při mapování

1.1 **Mapované území**

Každý mapovatel obdrží od AOPK ČR mapy vybraného území v měřítku 1 : 50 000 s vyznačenými stojatými vodami určenými k ověření výskytu raků.

1.2 **Postup mapování**

Vrš bude instalována do hlubších partií v příbřežní zóně (zejména tam, kde je kamenný zához na měkkém dnu). Na zvolené lokalitě budou vrše pokud možno rovnoměrně po obvodu rozmístěny v počtu 5 vrší na plochu o rozměru do 1 ha a v úměrném počtu na plochu větší. Jako návnadu navrhujeme použít netučné rybí maso (např. plotice, okoun), osvědčil se rovněž chléb (ověřeno při odchytu druhů rak říční, rak kamenáč a rak signální). Pro vyšší efektivitu doporučujeme uložit návnadu do drobné klícky, např. z drátěného pletiva, aby nebyla hned pozřena a mohla delší dobu raky přitahovat. K zatížení vrše bude použit nejlépe kámen vložený dovnitř. Vrš bude celá ponořena pod hladinou, provazem upevněna ke kmenům stromů, keřů či kamenům na břehu. Vrše doporučujeme uložit do skrytého místa a úvazek zamaskovat, aby nedošlo k jejich nežádoucímu poškození či krádeži. Rovněž doporučujeme kontaktovat správce či majitele daných vodních ploch a upozornit je na mapovací akci.

Vrše budou instalovány navečer. Kontrola může být provedena již v noci (min. 4 hodiny po instalaci). Umožňují-li to podmínky, bude kontrola provedena bez manipulace s vrší, v ostatních případech bude tato manipulace co nejšetrnější. Budou-li raci při noční kontrole nalezeni, výsledky budou zaznamenány do formuláře a nebude nutné ve sledování daného úseku dále pokračovat. Nebude-li zjištěn výskyt raků nebo nebude kontrola prováděna v noci vůbec, vrš bude ponechána na daném místě do druhého dne, zkontrolována a až poté odstraněna.

Po každém průzkumu bude vyplněn formulář (Příloha 3) mapování raků. Nalezené druhy raků na jednotlivých lokalitách budou fotograficky zdokumentovány (alespoň 2 fotografie od každého druhu - snímek shora a ze spodní strany).

Nastanou-li při mapování nejasnosti s druhovým určením nalezených raků, bude vše mapovatelem popsáno do příslušného formuláře.

Dojde-li při mapování k nálezu nepůvodních druhů raků, tj. raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) či raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), sdělí tuto skutečnost mapovatel neprodleně AOPK ČR a bude pro tentýž den mapování použitými vršemi ukončeno kvůli nezbytné sterilizaci výstroje. Obuv z takové lokality je možné postříkat roztokem Sava, nechat působit a opláchnout v takové vzdálenosti od povrchových vod, aby nedošlo k jejich přímé kontaminaci. V případě vrší použijte k jejich sterilizaci vroucí vodu, ve které budou ponechány cca 10 minut, následně je nechte vyschnout 2 až 3 dny. V krajním případě postačí pouze dlouhodobější vyschnutí (bez použití sterilizace v horké vodě). Poté je možné vrše používat dál. Zmíněné opatření je nezbytné z důvodu ochrany proti případnému možnému přenosu smrtelného infekčního onemocnění, tzv. račího moru, jehož původcem je plíseň *Aphanomyces astaci*, na další sledované lokality.

Metodika mapování raků – malé vodní toky ověření

1. Postup při mapování

1.1 **Mapované území**

Každý mapovatel obdrží od AOPK ČR mapy vybraného území v měřítku 1 : 50 000 s vyznačenými částmi toků určenými k ověření výskytu raků.

1.2 **Počet úseků, vzdálenost mezi úseky**

V rámci každého mapovaného toku bude zadavatelem (AOPK ČR) vymezen patřičný počet povinných úseků. Vzdálenost mezi zkoumanými úseky na každém toku bude od 3 do 3,5 km. Délka mapovaných úseků je určena na 100 metrů. První mapovaný úsek se nachází vždy při soutoku s hlavním tokem, další potom v určené vzdálenosti. Poslední mapovaný úsek bude cca 1 km od pramene toku. Lokalizaci jednotlivých mapovaných úseků provede mapovatel podle vhodnosti charakteru toku pro výskyt raků. Konkrétní lokalizaci zkoumaných úseků toku zakreslí mapovatel do dodané mapy.

Při této hustotě mapovaných úseků mohou být u některých toků při mapování vynechány významné úseky - např. v extrémních případech může dojít k situaci, že u jinak regulovaného koryta, protékajícího navíc např. polními tratěmi, bude při mapování vynechán 3 km dlouhý lesní úsek přírodního charakteru. V takovýchto případech, které lze odhadnout již na základě studia mapových podkladů, mapovatel může po dohodě se zadavatelem zařadit do mapování další místo v tomto úseku.

1.3 **Postup mapování**

Ve vymezeném úseku o délce 100 m mapovatel v souladu s bodem 1.1. prohledá dostatečný počet potenciálních úkrytů raků (viz seznam možných úkrytů). Nejmenší počet prohledaných úkrytů je stanoven na 50, při menším počtu přítomných úkrytů prohledá mapovatel všechny v mapovaném úseku. Mapování ve 100 m úseku nebude ukončeno ani v případě nalezení jedince(ů) jakéhokoliv druhu raka - snížila by se tak pravděpodobnost případného zachycení sympatricky se vyskytujících druhů.

V případě nálezu jakéhokoliv druhu raka provede mapovatel následující:

a) v **každém** zkoumaném úseku stanoví základní populační charakteristiky (viz kap. 1.4.)

b) fotograficky zdokumentuje nalezené druhy raků (je třeba co možná nejdetailnější snímek). Od každého druhu alespoň 2 fotografie (snímek shora a ze spodní strany).

c) v rámci celého toku vymezí oblast s výskytem nalezeného druhu (tím se nerozumí podrobné zjišťování kontinuity výskytu, ale vymezení úseku toku, ve kterém je rak nalézán - např. od obce XY k ústí - jinými slovy jde pouze o zjištění hranic výskytu v daném toku).

Pozn.: **Pokud nelze provést průzkum daného toku metodikou přímého prohledávání úkrytů, sdělí tuto skutečnost mapovatel neprodleně AOPK ČR. V souladu s ustanovením smlouvy bude nalezen náhradní úsek nebo bude snížena celková částka za mapování.**
Po prozkoumání vymezeného úseku, popř. po podrobném zjištění základních populačních charakteristik, mapovatel vyplní příslušný formulář.

1.4 **Postup zjišťování základních populačních charakteristik různých druhů raků**

Mapovatel prohledá pokud možno **všechny** potenciální úkryty na ploše 10 m^2 při vysoké abundanci raků a na ploše 20 m^2 při abundanci nízké (totéž platí i v případě, že nelze mapovat celou šířku toku a bude tedy prohledávána pouze břehová linie). Výstupem bude počet raků na m^2 dna. U odchycených raků bude zjištěno pohlaví a budou rozděleni do délkových kategorií (délka těla se měří pravítkem nebo posuvným měřítkem od rypce (rostra) po konec narovnaného telsonu (ploutvičky)). Zjištěné parametry budou zaznamenány do oficiálního formuláře.

Nastanou-li při mapování nejasnosti s druhovým určením nalezených raků, bude vše mapovatelem popsáno do příslušného formuláře (viz bod 8a) a bude pořízena fotodokumentace takových jedinců (snímek shora a ze spodní strany).

Dojde-li při monitoringu k nálezu nepůvodních druhů raků, tj. raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) či raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), sdělí tuto skutečnost mapovatel neprodleně AOPK ČR a přeruší mapování na daném toku kvůli nezbytné sterilizaci výstroje. Obuv z takové lokality je nutné

postříkat roztokem Sava, nechat působit, poté opláchnout v horké vodě a nechat uschnout. Zmíněné opatření je nezbytné z důvodu ochrany proti případnému možnému přenosu smrtelného infekčního onemocnění, tzv. račího moru, jehož původcem je plíseň *Aphanomyces astaci*, na další sledované lokality.

Úkryty

a) volné prostory pod kameny nebo jinými předměty, a to především v pomaleji tekoucích nebo stojatých partiích toku
b) obnažené kořenové systémy nebo větve živých i mrtvých stromů rostoucích v korytě nebo v břehové linii
c) jemný naplavený sediment, spadané listí
d) vyhrabané úkryty (nory) v bahnitém nebo jiném dně
e) volně v korytě (především na jílovitém dně s nedostatkem úkrytů)
f) v regulacích, ve škvírách mezi kameny opevňujícími břehy toků, někdy i v zatravňovacích panelech a polovegetačkách v polních kapilárách!
g) mimo koryto, případně pod kameny v blízkosti vysychajícího koryta

Příloha 3

Formuláře pro zápis nálezových dat

Formulář - malé vodní toky

1. Datum průzkumu ☐

2. Jméno toku ☐

3. Povodí ☐

4. Lokalizace sledovaného úseku

číslo úseku ☐

nejbližší obec ☐

5. Charakter toku

a) koryto *2

- ☐ přírodní
- ☐ upravené
- ☐ zatrubněné
- ☐ zahloubené
- ☐ napřímené

b) proudivé úseky

- ☐ kapilára (do 50 cm šířky)
- ☐ rychle proudící bystřinný tok
- ☐ rychle proudící s přítomností klidnějších zón
- ☐ střídající se rychle proudící a pomalu proudící úseky
- ☐ převažující pomalu proudící úseky
- ☐ pomalu proudící

meandry

- ☐ nemeandruje
- ☐ občasné meandry
- ☐ převážně meandrující

c) tůně

přítomnost tůní ANO NE

frekvence ☐ *3

pokryvnost tůní ☐ *4 %

max. hloubka tůní ☐ cm

d) břehy

zpevněné ANO NE

zpevněno ☐ **% břehů**

	typ
☐ polovegetačky	1
☐ kámen vložený do betonu	2
☐ kámen volně skládaný bez mezer	3
☐ kámen skládaný s mezerami	4
☐ kamenný zához	5
☐ dřevěné palisády	6
☐ klády	7
☐ jiný typ opevnění	8

*5 ☐

technický stav regulace

- ☐ výborný
- ☐ střední (částečně zanesené koryto, dláždění polorozpadlé)
- ☐ špatný (pokročilý stupeň samorevitalizace koryta)

dno

charakter dna *6

- ☐ dlážděné typ ☐
- ☐ skalnaté
- ☐ jílovité
- ☐ štěrkovité
- ☐ kamenité
- ☐ balvanité
- ☐ kombinace

☐

f) sediment

- ☐ bahnitý
- ☐ písčitý
- ☐ jiný jemnozrnný sediment
- ☐ nezetlelý organický materiál (listí…)
- ☐ jiný ☐

maximální mocnost sedimentu ☐ cm

g) potenciální úkryty

- ☐ kameny pokryvnost úseku ☐ %
- ☐ napadané větve stromů frekvence ☐
- ☐ vývraty frekvence ☐
- ☐ kořenový systém živých stromů frekvence ☐
- ☐ jiné

typ: ☐ frekvence

h) průhlednost vody

- ☐ dno je dobře viditelné i v hlubších partiích
- ☐ dno není viditelné ani ve středně hlubokých partiích (cca 30 cm)
- ☐ ještě horší

i) rozměry toku

max. hloubka úseku ☐ cm

šířka koryta (vzdálenost mezi břehovými liniemi) ☐ *7 cm

vodní stav (využití šířky koryta v době průzkumu) ☐ *8 %

6. Okolí lokality

širší okolí lokality ☐

- ☐ pole druh porostu
- ☐ louka kulturní/vlhká/suchá *9 ☐
- ☐ lužní les dominantní druhy dřevin *10
- ☐ les ☐
- ☐ zastavěné území
- ☐ jiné

bezprostřední okolí lokality (pokud se liší od širšího okolí)

☐

způsob zapojení přibřežní dřevinné vegetace do koryta

- ☐ dřeviny rostou v průtočném profilu toku
- ☐ kořeny stromů zasahují do koryta

*11

7. Ostatní druhy vodních organismů

8. Výsledky průzkumu

a) druhy raků

rak druh 1
rak druh 2
rak druh 3

b) počty odchycených jedinců

	druh 1:	*druh 2*:	*druh 3*:
	samců	samců	samců
	samic	samic	samic
délková kategorie:	do 15 mm	do 15 mm	do 15 mm
	15-30 mm	15-30 mm	15-30 mm
	30-60 mm	30-60 mm	30-60 mm
	60-90 mm	60-90 mm	60-90 mm
	nad 90 mm	nad 90 mm	nad 90 mm

c) stanoviště odchycených raků

druh 1

- ☐ pod kameny nebo jiné úkryty %
- ☐ kořenový systém %
- ☐ nory %
- ☐ v sedimentu %
- ☐ volně v korytě %
- ☐ mimo vodní řečiště %
- ☐ jiný typ stanoviště

druh 2

- ☐ pod kameny nebo jiné úkryty %
- ☐ kořenový systém %
- ☐ nory %
- ☐ v sedimentu %
- ☐ volně v korytě %
- ☐ mimo vodní řečiště %
- ☐ jiný typ stanoviště

druh 3

- ☐ pod kameny nebo jiné úkryty %
- ☐ kořenový systém %
- ☐ nory %
- ☐ v sedimentu %
- ☐ volně v korytě %
- ☐ mimo vodní řečiště %
- ☐ jiný typ stanov

d) zdravotní stav populace

9. Mapovatel

Adresa, tel., e-mail

---

*1 doplňte údaje do pole
*2 hodící se zaškrtněte
*3 počet tůní ve sledovaném úseku
*4 kolik % vodní plochy tvoří tůně
*5 slovně popište
*6 doplňte typ podle kategorií v oblasti „břeh"
*7 šířka koryta při maximálním vodním stavu (při max. využití kapacity koryta)
*8 šířka koryta v době mapování vzhledem k *7
*9 zakroužkujte vhodný typ
*10 dominantní druhy dřevin vyplňte pro „lužní les" i pro „les"
*11 při větším počtu na samostatný papír

Formulář - velké toky

1. Datum průzkumu *1

2. Jméno toku

3. Povodí

4. Lokalizace sledovaného úseku

číslo úseku

nejbližší obec

5. Charakter toku

a) koryto *2

- ☐ přírodní
- ☐ upravené
- ☐ zatrubněné
- ☐ zahloubené
- ☐ napřímené

b) proudivé úseky

- ☐ kapilára (do 50 cm šířky)
- ☐ rychle proudící bystřinný tok
- ☐ rychle proudící s přítomností klidnějších zón
- ☐ střídající se rychle proudící a pomalu proudící úseky
- ☐ převažující pomalu proudící úseky
- ☐ pomalu proudící

meandry

- ☐ nemeandruje
- ☐ občasné meandry
- ☐ převážně meandrující

c) tůně

přítomnost tůní ANO NE

frekvence *3

pokryvnost tůní *4 %

max. hloubka tůní cm

d) břehy

zpevněné ANO NE

zpevněno **% břehů**

	typ
☐ polovegetačky	1
☐ kámen vložený do betonu	2
☐ kámen volně skládaný bez mezer	3
☐ kámen skládaný s mezerami	4
☐ kamenný zához	5
☐ dřevěné palisády	6
☐ klády	7
☐ jiný typ opevnění	8

*5

technický stav regulace

- ☐ výborný
- ☐ střední (částečně zanesené koryto, dláždění polorozpadlé)
- ☐ špatný (pokročilý stupeň samorevitalizace koryta)

e) dno

charakter dna *6

- ☐ dlážděné typ
- ☐ skalnaté
- ☐ jílovité
- ☐ štěrkovité
- ☐ kamenité
- ☐ balvanité
- ☐ kombinace

f) sediment

- ☐ bahnitý
- ☐ písčitý
- ☐ jiný jemnozrnný sediment
- ☐ nezetlelý organický materiál (listí…)
- ☐ jiný

maximální mocnost sedimentu cm

g) potenciální úkryty

- ☐ kameny pokryvnost úseku %
- ☐ napadané větve stromů frekvence
- ☐ vývraty frekvence
- ☐ kořenový systém živých stromů frekvence
- ☐ jiné

typ: frekvence

h) průhlednost vody

- ☐ dno je dobře viditelné i v hlubších partiích
- ☐ dno není viditelné ani ve středně hlubokých partiích (cca 30 cm)
- ☐ ještě horší

i) rozměry toku

max. hloubka úseku cm

šířka koryta (vzdálenost mezi břehovými liniemi) *7 cm

vodní stav (využití šířky koryta v době průzkumu) *8 %

6. Okolí lokality

širší okolí lokality

- ☐ pole druh porostu
- ☐ louka kulturní/vlhká/suchá *9
- ☐ lužní les dominantní druhy dřevin
- ☐ les *10
- ☐ zastavěné území
- ☐ jiné

bezprostřední okolí lokality (pokud se liší od širšího okolí)

způsob zapojení příbřežní dřevinné vegetace do koryta

- ☐ dřeviny rostou v průtočném profilu toku
- ☐ kořeny stromů zasahují do koryta

7. Výsledky průzkumu

a) druhy raků

rak		druh 1
rak		druh 2
rak		druh 3

b) počty odchycených jedinců

druh 1:	samců		*druh 2*:	samců		*druh 3*: samců	
	samic			samic		samic	
délková kategorie:	do 15 mm			do 15 mm		do 15 mm	
	15-30 mm			15-30 mm		15-30 mm	
	30-60 mm			30-60 mm		30-60 mm	
	60-90 mm			60-90 mm		60-90 mm	
	nad 90 mm			nad 90 mm		nad 90 mm	

c) zdravotní stav populace

8. Celková doba instalace vrší

čas kontrol

úspěšnost použití jednotlivých vrší (v % odchycených raků)

typ návnady

počasí

9. Mapovatel

Adresa, tel., e-mail

---

*1 doplňte údaje do pole
*2 hodící se zaškrtněte
*3 počet tůní ve sledovaném úseku
*4 kolik % vodní plochy tvoří tůně
*5 slovně popište
*6 doplňte typ podle kategorií v oblasti „břeh"
*7 šířka koryta při maximálním vodním stavu (při max. využití kapacity koryta)
*8 šířka koryta v době mapování vzhledem k *7
*9 zakroužkujte vhodný typ
*10 dominantní druhy dřevin vyplňte pro „lužní les" i pro „les"

Formulář - stojaté vody

*1

1. Datum průzkumu

2. Jméno a typ stojaté vody

3. Povodí

4. Lokalizace sledovaného úseku

číslo úseku

nejbližší obec

5. Charakter toku

a) břehy

zpevněné ANO NE

zpevněno **% břehů**

	typ
☐ polovegetačky	1
☐ kámen vložený do betonu	2
☐ kámen volně skládaný bez mezer	3
☐ kámen skládaný s mezerami	4
☐ kamenný zához	5
☐ dřevěné palisády	6
☐ klády	7
☐ jiný typ opevnění	8

*5

technický stav regulace

☐ výborný

☐ střední (částečně zanesené koryto, dláždění polorozpadlé)

☐ špatný (pokročilý stupeň samorevitalizace koryta)

b) dno

charakter dna

*6

☐ dlážděné typ

☐ skalnaté

☐ jílovité

☐ štěrkovité

☐ kamenité

☐ balvanité

☐ kombinace

c) sediment

☐ bahnitý

☐ písčitý

☐ jiný jemnozrnný sediment

☐ nezetlelý organický materiál (listí…)

☐ jiný

maximální mocnost sedimentu cm

d) potenciální úkryty

☐ kameny pokryvnost úseku %

☐ napadané větve stromů frekvence

☐ vývraty frekvence

☐ kořenový systém živých stromů frekvence

☐ jiné

typ: frekvence

e) průhlednost vody

☐ dno je dobře viditelné i v hlubších partiích

☐ dno není viditelné ani ve středně hlubokých partiích (cca 30 cm)

☐ ještě horší

f) rozměry vodní plochy

max. hloubka cm

plocha ha

vodní stav (využití šířky koryta v době průzkumu) % *8

6. Okolí lokality

širší okolí lokality

☐ pole druh porostu

☐ louka kulturní/vlhká/suchá *9

☐ lužní les dominantní druhy dřevin *10

☐ les

☐ zastavěné území

☐ jiné

bezprostřední okolí lokality (pokud se liší od širšího okolí)

způsob zapojení příbřežní dřevinné vegetace do koryta

☐ dřeviny rostou v průtočném profilu toku

☐ kořeny stromů zasahují do koryta

7. Výsledky průzkumu

a) druhy raků

rak

rak

rak

c) počty odchycených jedinců

druh 1:	samců		*druh 2*: samců		*druh 3*:	samců	
	samic		samic			samic	
délková kategorie:	do 15 mm		do 15 mm			do 15 mm	
	15-30 mm		15-30 mm			15-30 mm	
	30-60 mm		30-60 mm			30-60 mm	
	60-90 mm		60-90 mm			60-90 mm	
	nad 90 mm		nad 90 mm			nad 90 mm	

d) zdravotní stav populace

8. Celková doba instalace vrší

čas kontrol

úspěšnost použití jednotlivých vrší (v % odchycených raků)

typ návnady

počasí

9. Mapovatel

Adresa, tel., e-mail

---

*1 doplňte údaje do pole
*2 hodící se zaškrtněte
*3 počet tůní ve sledovaném úseku
*4 kolik % vodní plochy tvoří tůně
*5 slovně popište
*6 doplňte typ podle kategorií v oblasti „břeh"
*8 šířka koryta v době mapování vzhledem k *7
*9 zakroužkujte vhodný typ
*10 dominantní druhy dřevin vyplňte pro „lužní les" i pro „les"

Příloha 4

Metodika monitoringu raka kamenáče včetně příloh (2006, upraveno)

Zpracovali:

Mgr. Jan Dušek
Doc. RNDr. Zdeněk Ďuriš, CSc.
Mgr. David Fischer
RNDr. Adam Petrusek, Ph.D.
Mgr. Monika Štambergová
Mgr. Pavel Vlach, Ph.D.

1. Cíl

Hlavním cílem tohoto monitorovacího programu je získávání podkladů pro opakovaná hodnocení kritérií ochrany raka kamenáče a jeho stanovišť. Na základě těchto hodnocení pak budou v pravidelných intervalech zpracovávány povinné informační zprávy o stavu a vývoji tohoto druhu a jeho stanovišť, výsledky monitorování budou sloužit i jako podklady a zpětná vazba v péči o monitorovaný druh a stanoviště.

Primárním cílem tohoto programu je sledování a hodnocení stavu a změn populací zájmového druhu na vybraných reprezentativních lokalitách z hlediska parametrů jeho životaschopnosti, resp. trvalé udržitelnosti, vyjádřených ochranářským statutem. Souběžně s vlastními parametry populací druhu či stanovišť budou soustavně sledovány i vybrané klíčové parametry prostředí, ve kterém se rak kamenáč vyskytuje. Výsledky monitorování musí dostatečně vypovídat o vývojových trendech sledovaného druhu na území ČR jako celku.

Zároveň bude získán materiál i pro genetické analýzy populací raka kamenáče. Ty by měly v první řadě zodpovědět otázku, nakolik jsou si populace z jednotlivých povodí příbuzné, odhadnout jejich původ a zejména vytipovat geneticky specifické populace. Bez znalostí genetických dat by případné reintrodukce, posilování populací, záchranné transfery apod. mohly nevratně ovlivnit strukturu populací. Do budoucna bude možno získaný materiál využít i pro odhad detailní populační struktury v jednotlivých tocích, včetně odhadu míry inbreedingu apod.

2. Postup při monitoringu

2.1. **Monitorované území**

Každý monitorovatel obdrží od AOPK ČR mapy monitorovaného území v měřítku 1 : 10 000. V rámci zadaného území (povodí) provede monitoring druhu raka kamenáče podle níže uvedené metodiky (viz 2.2, 2.3.). Konkrétní lokalizaci trvale monitorovacích ploch zakreslí monitorovatel do dodané mapy a provede zápis do příslušného formuláře (viz příloha č. 1), stejně jako fotodokumentaci sledované monitorovací plochy.

Přehled monitorovaných lokalit s výskytem raka kamenáče (zobrazení toků na mapě – příloha č. 2):

Luční potok (Podkrkonoší)
Javornický potok (Podkrkonoší)
Huníkovský potok (České středohoří)
Luční potok (České středohoří)
LP Trojhorského potoka (České středohoří)
Zákolanský potok
Radotínský potok
Hýskovský potok
Všenorský potok
Lánský potok
PP a LP Lánského potoka
Úpořský potok
Hořejší potok
Stroupínský potok
Bzovský potok
Kublovský potok
Zbirožský potok
Bertínský potok (přítok Střely)
Klabava
Tisý potok
Skořický potok
PP Skořického potoka
Příkosický potok

Holoubkovský potok
Chejlava (Úzký potok)
Hůrecký potok
Rakovský potok
Božkovský potok
Kornatický potok
Mešenský potok
Bradava
Bojovka
Mítovský potok
přítok Mítovského potoka
Přešínský potok
Chocenický potok
Podhrázský potok
Kbelský (Příchovický potok)
Vlčí (Zlatý) potok
Medvědí potok
Zubřina
Radbuza

pozn.:
LP – levostranný přítok
PP – pravostranný přítok

2.2. **Počet úseků, časové vymezení**

V rámci každého sledovaného toku bude monitorovatelem vymezen patřičný počet trvalých monitorovacích ploch (TMP). Jejich množství bude záviset na celkové délce toku (případně pouze jen jeho části) s prokázaným výskytem raků. V případě, že se bude jednat o tok s výskytem druhu do 5 km délky, budou zvoleny 2 profily, pokud o tok s výskytem delším, budou zvoleny profily 3. Jednotlivé TMP budou umístěny poblíž horní a dolní hranice rozšíření druhu, v případě tří zvolených profilů bude střední umístěn v centru rozšíření. Každý profil představuje 100m délku toku a monitorovatel každou takto vybranou TMP označí přímo v terénu:

- v lesních biotopech použije k označení bílou barvu (nejlépe latexovou), přičemž místo označení se předem šetrně očistí ocelovým kartáčem. Křížky zhruba ve výšce očí se označí stromy na hranici vytyčené TMP a šipkami směřujícími do středu plochy se označí daný profil.

- v nelesních biotopech může být alternativním způsobem fixace použití nízkých dřevěných kolíků apod.
- značení lze provést i na stabilní součásti koryta, popř. jeho bezprostředního okolí (skalní výstupky, velké balvany apod.).
- začátek a konec úseku bude zaměřen pomocí souřadnic GPS (pokud to místní podmínky umožní).
- jednotlivé značky je vhodné alespoň dublovat (např. označení na stromy a velké kameny ...).

U drobných toků se šířkou 50 cm a užších bude vytyčen profil o délce 200 m, aby bylo následně možné zvolit rovněž 3 nestabilizované plochy.
V rámci každé zvolené 100m TMP budou následně vybrána 3 nestabilizovaná monitorovací místa, každé o ploše 10 m^2 tak, aby pokryla rozmanitost mikrohabitatů v rámci profilu.
Monitoring bude prováděn na každém toku jednou za dva roky. Během dané monitorovací sezóny proběhne dvojí sledování: na jaře před vylíhnutím ráčat (nejlépe konec dubna - květen), v pozdním létě (srpen - září, resp. září - říjen). V monitorovací sezóně budou vždy sledovány všechny stanovené TMP na daném toku, přičemž monitoring bude probíhat tak, aby v rámci jedné TMP nedocházelo ve stejné sezóně ani meziročně k opakovanému odchytu na stejných místech (3 x 10 m^2) - tato místa budou v průběhu monitoringu střídána, a to podle vlastního uvážení monitorovatele tak, aby na sledovaném toku vždy byla zohledněna a pokryta rozmanitost stanoviště (tj. tůně stejně jako i proudné úseky, břehové linie apod.).

Monitoring nebude prováděn v případě nestandardních podmínek negativně ovlivňujících výsledky (výrazně zvýšený průtok, zákal vody, silný déšť apod.) a odložen na dobu vhodnější pro sledování raků.

V průběhu monitorovací sezóny bude na daných lokalitách sledována i **kvalita vody**.

V pilotním roce 2006 budou odebírány rovněž **vzorky pro genetickou analýzu DNA** raka kamenáče v reprezentativních potocích v rámci celého areálu a to podle následující metodiky:

Pro potřeby analýzy DNA je potřeba získat určité množství čerstvé tkáně raka, fixované čistým etanolem. Nutné je jen malé množství materiálu

(řádově krychlové milimetry), lze tedy odebírat vzorek bez usmrcení příslušného jedince. Z hlediska co nejmenšího dopadu na životaschopnost raka je nejvhodnější odebrat *jednu kráčivou nohu* (nejlépe ze 4. nebo 5. páru kráčivých končetin) v oblasti, kde normálně dochází k autotomii (tj. v některém z nožních kloubů, nejlépe v blízkosti trupu). Na těchto místech jsou raci obecně dobře přizpůsobeni ztrátám končetin. Noha se uloží zvlášť do připravené označené epruvety, pro jistotu spolu s papírem popsaným obyčejnou tužkou. Pro konzervaci lihem lze použít obyčejné, dobře těsnící lahvičky se šroubovacím víčkem nebo Eppendorfovy zkumavky o minimálním objemu 1,5 ml.
Obecně je třeba pro důkladnější analýzu populační struktury analyzovat 20 až 40 jedinců z populace (pro fylogeografickou analýzu lze zpracovat i menší množství, cca 5 zvířat). I v případě, kdy se tolik jedinců nepodaří odchytit, jsou však samozřejmě vzorky cenné.

Fixace etanolem:
Nutné vybavení: (spotřební materiál - ethanol, epruvety - dodá AOPK ČR):
1) předem připravené dobře těsnící epruvety
2) 96% **čistý** etanol, NE denaturovaný
3) obyčejný papír + tužka na etiketu

Postup:
Odlomenou nohu vložíme vcelku do epruvety spolu s popsanou etiketou (viz níže) a zalijeme čistým lihem (epruvety do objemu 5 ml, vč. typu dodaného AOPK, plnit po okraj). Po několika minutách líh, do kterého se mezitím vyluhovala voda z tkáně, vyměnit za nový (v těchto malých objemech neohrožuje čistý líh okolní prostředí, proto je možno jej vylít). Výměnu fixáže ještě jednou zopakovat po několika hodinách až dnech. Skladovat pokud možno v chladu (lednička či mrazák).
Na etiketu vkládanou do epruvety uvádíme minimálně: jednoznačný kód lokality, datum odběru, pohlaví jedince (M/F nebo symbol) a číslo, pod kterým bude jedinec veden a k němuž mohou být uvedeny v protokolu o monitoringu případné další detaily (velikostní kategorie, detailnější místo odchytu apod.). Etikety si lze předem předtisknout na **laserové** tiskárně na kancelářský papír a v terénu doplňovat pouze pohlaví raka, případně jiné detaily na její rub.

Příklad (Luční potok v Podkrkonoší, odběr 6. 8. 2006, jedinec č. 5, samec):
A.torr., LPP, 6. 8. 2006, #5-M

Přehled toků, na kterých budou vzorky odebrány [v hranatých závorkách uveden kód pro etiketu]:

Luční potok (Podkrkonoší) [LPP]
Luční potok (Litoměřicko) [LPL]
Huníkovský potok [HUP]
Zákolanský potok [ZKL]
Lánský potok [LNP]
Radotínský potok [RDT]
Hýskovský potok [HSK]
Všenorský potok [VSE]
Medvědí potok [MED]
Stroupínský [STR] *nebo* Bzovský [BZO] *nebo* Kublovský potok [KUB]
Úpořský potok [UPO]
Zbirožský potok [ZBI]
Klabava [KLA]
Bradava [BRA]
Vlčí [VLK] *nebo* Příchovický potok [PRI]
Podhrázský [POD] *nebo* Přešínský [PRE] *nebo* Chocenický potok [CHO]
Bertinský potok [BER]
Zubřina (nahoře) [ZUB]
Radbuza (horní úsek) [RAH]
Radbuza (dolní úsek toku) [RAD]

V případě, že jsou uvedeny varianty, stačí zvolit libovolnou z nich, kde bude možno získat dostatek vzorků.

2.3. **Postup monitoringu**

Ve vymezeném úseku vodního toku o délce 100 m monitorovatel vybere tři plochy o velikosti 10 m^2, na kterých prohledá veškeré úkryty*. U nalezených jedinců vždy zaznamená do příslušného formuláře (příloha č. 1) jejich počet, pohlaví, rozřadí je do velikostních skupin a zapíše případná poškození či deformity těla raků včetně počtu uhynulých jedinců a nalezených svleček. Pokud monitorovatel nalezne trus predátorů raků, odebere jej do igelitového sáčku a uskladní v chladu a v co nejkratší době následně dopraví ke zpracování. Odchycení raci budou dočasně uloženi do nádob pro následná měření. Malí ráčci nebudou skladováni současně s velkými z důvodu možných poškození dospělými jedinci.

U rychle proudících úseků nebo kontinuálně zakalených toků bude používána síťka usnadňující odchyt raků a tato informace bude zapsána do poznámek ve formuláři.
Pro každý profil (TMP) bude vytvořen jeden formulář, do kterého budou kromě populačních charakteristik zaznamenávány rovněž informace týkající se lokality samotné. U názvu toku bude uvedeno číslo profilu (číslovat vzestupně od pramenné oblasti).
Z vlivů, které by mohly působit na populaci raka kamenáče, se monitorovatel zaměří zejména na níže jmenované a provede zápis do formuláře o jejich případném působení.

Jedná se zejména o:

1. regulace toku
2. znečištění vody průmyslovým odpadem
3. vysychání
4. zanášení koryta sedimentem (míněno toky pod rybníkem)
5. odstraňování sedimentu
6. změna druhové či věkové struktury ichtyocenózy
7. intenzita rybářského hospodaření
8. výskyt ostatků raků v požercích od norka nebo vydry (a trusu predátorů)
9. přítomnost jiného druhu raka
10. výskyt potočnic na odchycených jedincích (v případě nálezu potočnic na lokalitě odebrat jejich vzorek do čistého etanolu; lze použít epruvety dodané pro odběr materiálu pro genetiku; ideálně více jedinců z několika raků)
11. výskyt plísní na odchycených či uhynulých jedincích (možno pozorovat jen ve vodě)

* **Úkryty**

a) volné prostory pod kameny nebo jinými předměty, a to především v pomaleji tekoucích nebo stojatých partiích toku
b) obnažené kořenové systémy nebo větve živých i mrtvých stromů rostoucích v korytě nebo v břehové linii
c) jemný naplavený sediment, spadané listí
d) vyhrabané úkryty (nory) v bahnitém nebo jiném břehu či dně
e) volně v korytě (především na jílovitém dně s nedostatkem úkrytů)

f) v regulacích, ve škvírách mezi kameny opevňujícími břehy toků, někdy i v zatravňovacích panelech a polovegetačkách v polních kapilárách!
g) mimo koryto, případně pod kameny v blízkosti vysychajícího koryta

V případě, že nebudou na třech monitorovatelem vybraných plochách zjištěni žádní jedinci, bude ověřeno, zda se raci v daném úseku toku vůbec vyskytují či nikoli a výsledek zapsán do poznámek ve formuláři.

Dojde-li při monitoringu k nálezu nepůvodních druhů raků, tj. raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) či raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), sdělí tuto skutečnost monitorovatel neprodleně AOPK ČR (nejlépe ústřednímu pracovišti AOPK ČR Praha, M. Štambergové telefonicky nebo na e-mailovou adresu) a přeruší monitoring na daném toku kvůli nezbytné sterilizaci výstroje. Obuv a výstroj, které přišly v dané lokalitě do kontaktu s vodou, je nutné postříkat roztokem Sava, nechat působit, poté opláchnout v horké vodě a nechat uschnout. Zmíněné opatření je nezbytné z důvodu ochrany proti případnému možnému přenosu smrtelného infekčního onemocnění, tzv. račího moru, jehož původcem je plíseň *Aphanomyces astaci*, na další sledované lokality. Pokud monitorovatel zpozoruje úhyn raků v potoce, rovněž bude informovat AOPK ČR a preventivně provede sterilizaci výstroje jako v případě kontaktu s americkými raky.

3. Seznam příloh

1. Formulář terénního měření
2. Mapa s přehledem toků, na kterých byl potvrzen výskyt raka kamenáče

Příloha 1 Formulář terénního měření

Rak kamenáč - monitoring

Příjmení a jméno monitorovatele

*1

Název toku

Číslo profilu

Datum monitoringu

Název fotograf. snímku lokality

Teplota vody (°C)

Základní data - poznámky

Charakter koryta *3

- přírodní
- zahloubené
- napřímené
- zpevněné
- jinak upravemé

Zastoupení přírodních částí toku (%)

Průměrná šířka toku (m)

Aktuální šířka toku mezi břeh. liniemi (m)

Hloubka průměrná (cm)

Hloubka největší (cm)

Přítomnost tůní (ANO / NE)

Pokryvnost tůní v úseku (%)

Maximální hloubka tůní (cm)

Charakter substrátu *3

- bahnitý
- písčitý
- jiný jemnozrnný sediment
- jílovitý
- štěrkovitý
- kamenitý
- nezetlelý organický materiál
- jiný

Maximální mocnost sedimentu (cm)

Průhlednost vody *2

- dno dobře viditelné i v hlubších partiích
- dno není viditelné ani ve středně hlubokých partiích (cca 30 cm)

Potenciální úkryty *3

- kameny
- napadané větve stromů
- vývraty
- kořen. systém živých stromů
- jemný naplavený sediment
- spadané listí
- vyhrabané úkryty ve dně
- vyhrabané úkryty v břehu
- volně v korytě
- v regulaci
- mimo koryto
- kameny v blízk.vysych. koryta
- jiné

Pokryvnost dna kameny - na sledované ploše (%)

Bezprostřední okolí lokality *3

- pole
- louka
- les
- zastavěné území
- jiné

Stanoviště - poznámky

*1 doplňte údaje do pole

*2 hodící se zaškrtněte

*3 hodící se zaškrtněte, možno i více údajů

Populace - počet jedinců

	samci	samice bez vajíček	samice s vajíčky	pozorovaní, ale neodchycení raci
0 - 15 mm				
15,1 - 30 mm				
30,1 - 60 mm				
60,1 - 90 mm				
nad 90 mm				

Věková struktura

tohoročci (0+) - do velikosti 18 mm	
loňští raci (1, 1+) - do velikosti 25-29 mm	
ostatní - samci (nad 25-29 mm)	
ostatní - samice bez vajíček (nad 25-29 mm)	
ostatní - samice s vajíčky (nad 25-29 mm)	

Zastoupení jedinců s poškozením či deformacemi těla

	tykadla	klepeta	končetiny	karapax	zadeček	deformace těla
0%						
do 25%						
25-75%						
nad 75%						

Počet nalezených uhynulých jedinců ☐

Celkový počet nálezů svleček ☐

Populace - poznámky

Vlivy - významnost jejich působení

	nepřítomen	nevýznamný	málo významný	významný	velmi významný
regulace toku					
znečištění vody průmyslovým odpadem					
vysychání					
zanášení koryta sedimentem (*míněno toky pod rybníkem*)					
odstraňování sedimentu					
změna druhové či věkové struktury ichtyocenozy					
intenzita rybářského hospodaření					
výskyt ostatků raků v požercích (a trusu predátorů)					

Počet požerků norka (vydry)/ délka úseku ☐

Požerky od norka/vydry

☐ ano

zanášení koryta sedimentem (míněno toky pod rybníkem)

Trus od norka/vydry

☐ ano
☐ ne

Přítomnost jiného druhu raka

☐ Rak říční *Astacus astacus*
☐ Rak bahenní *Astacus leptodactylus*
☐ Rak pruhovaný *Orconectes limosus*
☐ Rak signální *Pacifastacus leniusculus*

Výskyt potočnic

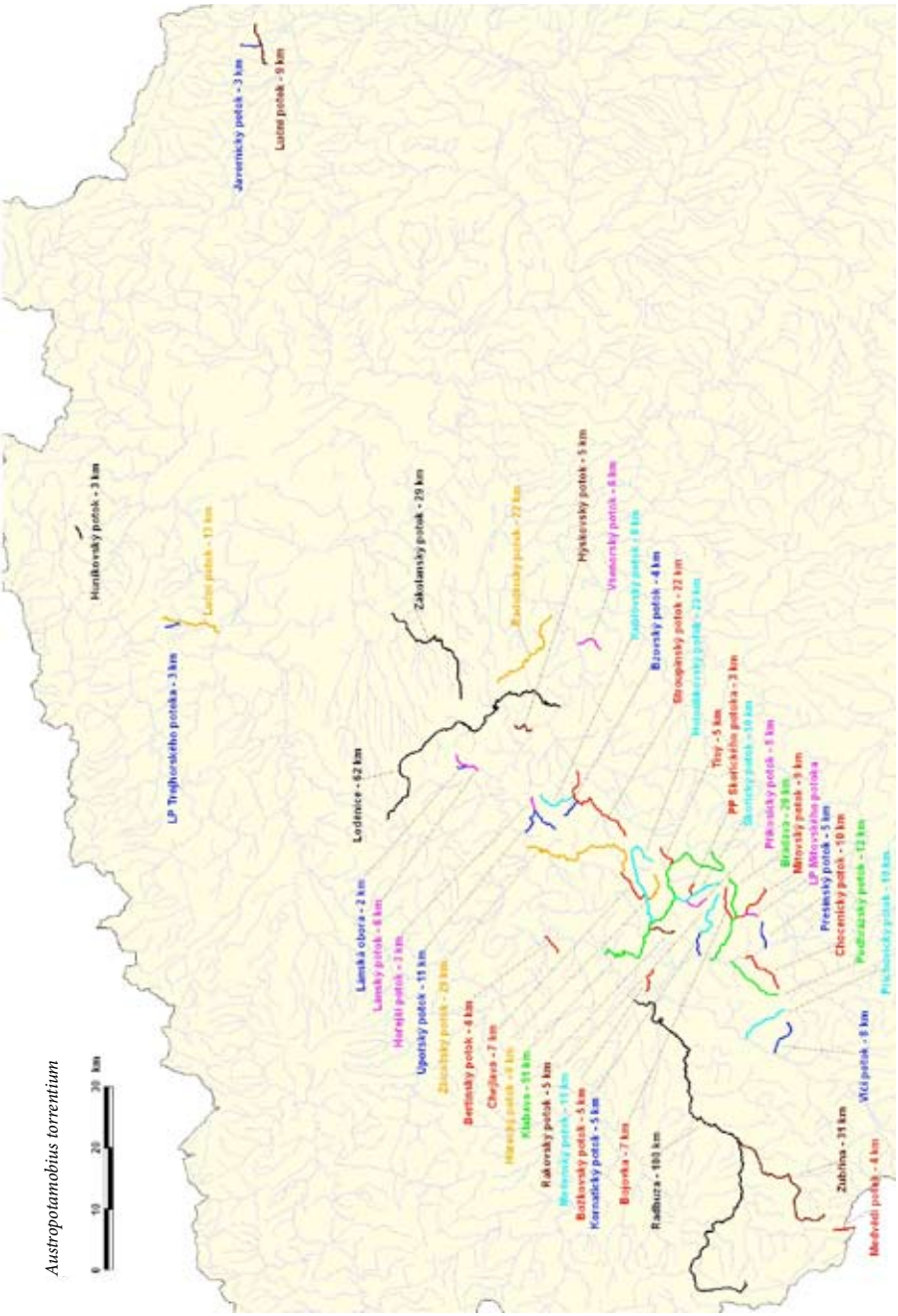
☐ ojedinělý
☐ řídký
☐ hojný

Výskyt plísní na racích

☐ 0%
☐ do 25%
☐ 25-75%
☐ nad 75%

Vlivy - poznámky

Příloha 2 Mapa s přehledem toků, na kterých byl potvrzen výskyt raka kamenáče



Příloha 5

Metodika monitoringu raka říčního včetně příloh (2006, upraveno)

Zpracovali:
Mgr. Jan Dušek
Doc. RNDr. Zdeněk Ďuriš, CSc.
Mgr. David Fischer
Mgr. Monika Štambergová
Mgr. Pavel Vlach, Ph.D.

1. Cíl

Hlavním cílem tohoto monitorovacího programu je získávání podkladů pro opakovaná hodnocení kritérií ochrany raka říčního a jeho stanovišť. Na základě těchto hodnocení pak budou v pravidelných intervalech zpracovávány povinné informační zprávy o stavu a vývoji tohoto druhu a jeho stanovišť, výsledky monitorování budou sloužit i jako podklady a zpětná vazba v péči o monitorovaný druh a stanoviště.
Primárním cílem tohoto programu je sledování a hodnocení stavu a změn populací zájmového druhu na vybraných reprezentativních lokalitách z hlediska parametrů jeho životaschopnosti, resp. trvalé udržitelnosti, vyjádřených ochranářským statutem. Souběžně s vlastními parametry populací druhu či stanovišť budou soustavně sledovány i vybrané klíčové parametry prostředí, ve kterém se rak říční vyskytuje. Výsledky monitorování musí dostatečně vypovídat o vývojových trendech sledovaného druhu na území ČR jako celku.

2. Postup při monitoringu

2.1. **Monitorované území**
Každý monitorovatel obdrží od AOPK ČR mapy monitorovaného území v měřítku 1 : 10 000. V rámci zadaného území (povodí) provede monitoring druhu raka říčního podle níže uvedené metodiky (viz 2.2., 2.3.). Konkrétní lokalizaci trvale monitorovacích ploch zakreslí monitorovatel do dodané mapy a provede zápis do příslušného formuláře (viz příloha č. 1, příloha č. 2), stejně jako fotodokumentaci sledované monitorovací plochy.

Výběr lokalit (malých vodních toků, rybníků) je nutné teprve upřesnit. Monitorovatelé budou zejména sestávat z interních zoologů AOPK ČR.

2.2. **Počet úseků, časové vymezení**

Rak říční bude vzhledem k obývanému biotopu monitorován na malých vodních tocích a dále na vybraných stojatých vodách - pravidelně vypouštěných rybnících.

V rámci každého sledovaného **vodního toku** bude monitorovatelem vymezen patřičný počet trvalých monitorovacích ploch (TMP). Jejich množství bude záviset na celkové délce toku (případně pouze jen jeho části) s prokázaným výskytem raků. V případě, že se bude jednat o tok s výskytem druhu do 5 km délky, budou zvoleny 2 profily, pokud o tok s výskytem delším, budou zvoleny profily 3. Jednotlivé TMP budou umístěny poblíž horní a dolní hranice rozšíření druhu, v případě tří zvolených profilů bude střední umístěn v centru rozšíření. Každý profil představuje 100m délku toku a monitorovatel každou takto vybranou TMP označí přímo v terénu:

- v lesních biotopech použije k označení bílou barvu (nejlépe latexovou), přičemž místo označení se předem šetrně očistí ocelovým kartáčem. Křížky zhruba ve výšce očí se označí stromy na hranici vytyčené TMP a šipkami směřujícími do středu plochy se označí daný profil.
- v nelesních biotopech může být alternativním způsobem fixace použití nízkých dřevěných kolíků apod.
- značení lze provést i na stabilní součásti koryta, popř. jeho bezprostředního okolí (skalní výstupky, velké balvany apod.).
- začátek a konec úseku bude zaměřen pomocí souřadnic GPS (pokud to místní podmínky umožní).
- jednotlivé značky je vhodné alespoň dublovat (např. označení na stromy a velké kameny).

U drobných toků se šířkou 50 cm a užších bude vytyčen profil o délce 200 m, aby bylo následně možné zvolit rovněž 3 nestabilizované plochy. V rámci každé zvolené 100m TMP budou následně vybrána 3 nestabilizovaná monitorovací místa, každé o ploše 10 m^2 tak, aby pokryla rozmanitost mikrohabitatů v rámci profilu.

Monitoring bude prováděn na každém toku jednou za dva roky. Během dané monitorovací sezóny proběhne dvojí sledování: na jaře před vylíhnutím ráčat (nejlépe konec dubna - květen), v pozdním létě (srpen - září, resp. září - říjen). V monitorovací sezóně budou vždy sledovány všechny stanovené TMP na daném toku, přičemž monitoring bude probíhat tak, aby v rámci jedné TMP nedocházelo ve stejné sezóně ani meziročně k opakovanému odchytu na stejných místech (3 x 10 m^2) - tato místa budou v průběhu monitoringu střídána, a to podle vlastního uvážení monitorovatele tak, aby na sledovaném toku vždy byla zohledněna a pokryta rozmanitost stanoviště (tj. tůně stejně jako i proudné úseky, břehové linie apod.).

Součástí monitoringu raka říčního je rovněž sledování populací druhu ve **stojatých vodách** - zejména v rybnících. Velké vodní toky a přehrady do monitoringu nezahrnujeme, a to zejména z důvodu velmi omezené zjistitelnosti dat o početnosti, struktuře populace, stejně jako charakteru stanovišť a působících vlivů na těchto biotopech.
Monitoring populace raka říčního v rybnících bude probíhat v období při jejich vypouštění. Doporučujeme kontroly minimálně 1x za dva roky (v závislosti na vypouštění). Daný rybník bude představovat jednu trvalou monitorovací plochu. Monitoring nebude prováděn v případě nestandardních podmínek negativně ovlivňujících výsledky (výrazně zvýšený průtok, zákal vody, silný déšť apod.) a odložen na dobu vhodnější pro sledování raků.

V průběhu monitorovací sezóny doporučujeme na daných lokalitách sledovat rovněž **kvalitu vody**.

2.3. **Postup monitoringu**

Ve vymezeném úseku vodního toku o délce 100 m monitorovatel vybere tři plochy o velikosti 10 m^2, na kterých prohledá veškeré úkryty*. U nalezených jedinců vždy zaznamená do příslušného formuláře (příloha č. 1) jejich počet, pohlaví, rozřadí je do velikostních skupin a zapíše případná poškození či deformity těla raků včetně počtu uhynulých jedinců a nalezených svleček. Pokud monitorovatel nalezne trus predátorů raků, odebere jej do igelitového sáčku a uskladní v chladu a v co nejkratší době následně dopraví ke zpracování. Odchycení raci budou dočasně uloženi do nádob pro následná měření. Malí ráčci nebudou skladováni současně s velkými z důvodu možných poškození dospělými jedinci.

U rychle proudících úseků nebo kontinuálně zakalených toků bude používána síťka usnadňující odchyt raků a tato informace bude zapsána do poznámek ve formuláři.
Pro každý profil (TMP) bude vytvořen jeden formulář, do kterého budou kromě populačních charakteristik zaznamenávány rovněž informace týkající se lokality samotné. U názvu toku bude uvedeno číslo profilu (číslovat vzestupně od pramenné oblasti).
Z vlivů, které by mohly působit na populaci raka říčního, se monitorovatel zaměří zejména na níže jmenované a provede zápis do formuláře o jejich případném působení.
Jedná se zejména o:

1. regulace toku
2. znečištění vody průmyslovým odpadem
3. vysychání
4. zanášení koryta sedimentem (míněno toky pod rybníkem)
5. odstraňování sedimentu
6. změna druhové či věkové struktury ichtyocenózy
7. intenzita rybářského hospodaření
8. výskyt ostatků raků v požercích od norka nebo vydry (a trusu predátorů)
9. přítomnost jiného druhu raka
10. výskyt potočnic na odchycených jedincích
11. výskyt plísní na odchycených či uhynulých jedincích (možno pozorovat jen ve vodě)

***Úkryty**

a) volné prostory pod kameny nebo jinými předměty, a to především v pomaleji tekoucích nebo stojatých partiích toku
b) obnažené kořenové systémy nebo větve živých i mrtvých stromů rostoucích v korytě nebo v břehové linii
c) jemný naplavený sediment, spadané listí
d) vyhrabané úkryty (nory) v bahnitém nebo jiném břehu či dně
e) volně v korytě (především na jílovitém dně s nedostatkem úkrytů)
f) v regulacích, ve škvírách mezi kameny opevňujícími břehy toků, někdy i v zatravňovacích panelech a polovegetačkách v polních kapilárách!
g) mimo koryto, případně pod kameny v blízkosti vysychajícího koryta

V případě, že nebudou na třech monitorovatelem vybraných plochách zjištěni žádní jedinci, bude ověřeno, zda se raci v daném úseku toku vůbec vyskytují či nikoli a výsledek zapsán do poznámek ve formuláři.

V případě monitoringu **stojatých vod** se monitorovatel zaměří na raky vylézající z úkrytů ven postupně s klesající vodou z vypouštěného rybníka a zaznamená údaje o všech jedincích do formuláře (příloha č. 2). Pokud nebudou žádní raci zpozorováni a odchyceni, zaměří se monitorovatel na příbřežní zónu (zejména tam, kde je kamenný zához), kde prohledá dostatečný počet potenciálních úkrytů. Nejmenší počet prohledaných úkrytů je stanoven na 50, při menším počtu přítomných úkrytů prohledá monitorovatel všechny v daném úseku (případně se zaměří na vyhrabané úkryty - nory - v bahnitém nebo jiném břehu či dně) tak, aby celková sledovaná plocha činila cca 30 m^2. Plocha nemusí být spojitá.
Z vlivů, které by mohly působit na populaci raka říčního v daném biotopu, se monitorovatel zaměří zejména na níže jmenované a provede zápis do formuláře o jejich případném působení.
Jedná se zejména o:

1. frekvenci regulace vodní hladiny
2. intenzitu (rozsah) regulace vodní hladiny
3. znečištění vody průmyslovým odpadem
4. vysychání
5. odstraňování sedimentu
6. změnu druhové či věkové struktury ichtyocenózy
7. intenzitu rybářského hospodaření
8. výskyt ostatků raků v požercích od norka nebo vydry (a trusu predátorů)
9. přítomnost jiného druhu raka
10. výskyt potočnic na odchycených jedincích
11. výskyt plísní na odchycených či uhynulých jedincích

Za nejnebezpečnější infekční nákazu raků říčních je považováno onemocnění zv. „račí mor“, způsobované oomycetou *Aphanomyces astaci*. Tato nákaza je v Evropě přenášena prostřednictvím nepůvodních amerických druhů raků. U nás se jedná zejména o raka pruhovaného (*Orconectes limosus*), jehož rozšíření na našem území shrnuje článek Petruska et al. (2006), méně je u nás rozšířen rak signální (*Pacifastacus leniusculus*). Oba tyto druhy jsou na rozdíl od původních evropských raků vůči patogenu račího moru víceméně rezistentní.

Řada populací raka pruhovaného na našem území je morem prokazatelně nakažena (Kozubíková et al. 2006). Toto onemocnění je u nás stále aktuálním problémem, o čemž vypovídají i masové úhyny raků, u nichž byl mor prokázán, v letech 2004 - 2005 (Kozubíková & Petrusek 2006, Kozubíková et al. 2006).
Dojde-li při monitoringu k nálezu nepůvodních druhů raků, tj. raka pruhovaného či raka signálního, sdělí tuto skutečnost monitorovatel neprodleně AOPK ČR (nejlépe ústřednímu pracovišti AOPK ČR Praha, M. Štambergové telefonicky nebo na e-mailovou adresu) a přeruší monitoring na daném toku kvůli nezbytné sterilizaci výstroje. Obuv a výstroj, které přišly v takovéto lokalitě do kontaktu s vodou, je nutné postříkat roztokem Sava, nechat působit, poté opláchnout v horké vodě a nechat uschnout. Zmíněné opatření je nezbytné z důvodu ochrany proti případnému možnému přenosu smrtelného infekčního onemocnění, tzv. račího moru, jehož původcem je plíseň *Aphanomyces astaci*, na další sledované lokality. Pokud monitorovatel zpozoruje úhyn raků v potoce, rovněž bude informovat AOPK ČR a preventivně provede sterilizaci výstroje jako v případě kontaktu s americkými raky.

3. Seznam příloh

1. Formulář terénního měření - malé vodní toky
2. Formulář terénního měření - stojaté vody

Příloha 1 Formulář terénního měření - malé vodní toky

Rak říční - monitoring malé vodní toky

Příjmení a jméno monitorovatele

*1

Název toku

Číslo profilu

Datum monitoringu

Název fotograf. snímku lokality

Teplota vody (°C)

Základní data - poznámky

Charakter koryta *3

- přírodní
- zahloubené
- napřímené
- zpevněné
- jinak upravemé

Zastoupení přírodních částí toku (%)

Průměrná šířka toku (m)

Aktuální šířka toku mezi břeh. liniemi (m)

Hloubka průměrná (cm)

Hloubka největší (cm)

Přítomnost tůní (ANO / NE)

Pokryvnost tůní v úseku (%)

Maximální hloubka tůní (cm)

Charakter substrátu *3

- bahnitý
- písčitý
- jiný jemnozrnný sediment
- jílovitý
- štěrkovitý
- kamenitý
- nezetlelý organický materiál
- jiný

Maximální mocnost sedimentu (cm)

Průhlednost vody *2

- dno dobře viditelné i v hlubších partiích
- dno není viditelné ani ve středně hlubokých partiích (cca 30 cm)

Potenciální úkryty *3

- kameny
- napadané větve stromů
- vývraty
- kořen. systém živých stromů
- jemný naplavený sediment
- spadané listí
- vyhrabané úkryty ve dně
- vyhrabané úkryty v břehu
- volně v korytě
- v regulaci
- mimo koryto
- kameny v blízk.vysych. koryta
- jiné

Pokryvnost dna kameny - na sledované ploše (%)

Bezprostřední okolí lokality *3

- pole
- louka
- les
- zastavěné území
- jiné

Stanoviště - poznámky

*1 doplňte údaje do pole

*2 hodící se zaškrtněte

*3 hodící se zaškrtněte, možno i více údajů

Populace - počet jedinců

	samci	samice bez vajíček	samice s vajíčky	pozorovaní, ale neodchycení raci
0 - 30 mm				
30,1 - 70 mm				
70,1 - 100 mm				
100,1 - 120 mm				
nad 120 mm				

Zastoupení jedinců s poškozením či deformacemi těla

	tykadla	klepeta	končetiny	karapax	zadeček	deformace těla
0%						
do 25%						
25-75%						
nad 75%						

Počet nalezených uhynulých jedinců ☐ **Celkový počet nálezů svleček** ☐

Populace - poznámky

Vlivy - významnost jejich působení

	nepřítomen	nevýznamný	málo významný	významný	velmi významný
regulace toku					
znečištění vody průmyslovým odpadem					
vysychání					
zanášení koryta sedimentem (*míněno toky pod rybníkem*)					
odstraňování sedimentu					
změna druhové či věkové struktury ichtyocenozy					
intenzita rybářského hospodaření					
výskyt ostatků raků v požercích (a trusu predátorů)					

Počet požerků norka (vydry)/ délka úseku ☐

Požerky od norka/vydry

☐ ano
☐ ne

Trus od norka/vydry

☐ ano
☐ ne

Přítomnost jiného druhu raka

☐ Rak kamenáč *Austropotamobius torrentium*
☐ Rak bahenní *Astacus leptodactylus*
☐ Rak pruhovaný *Orconectes limosus*
☐ Rak signální *Pacifastacus leniusculus*

Výskyt potočnic

☐ ojedinělý
☐ řídký
☐ hojný

Výskyt plísní na racích

☐ 0%
☐ do 25%
☐ 25-75%
☐ nad 75%

Vlivy - poznámky

Příloha 2 Formulář terénního měření - stojaté vody

Rak říční - monitoring stojaté vody

Příjmení a jméno monitorovatele

*1

Název vodní plochy

Datum monitoringu

Název fotograf. snímku lokality

Základní data - poznámky

Bezprostřední okolí lokality *3

- pole
- louka
- les
- zastavěné území
- jiné

Typ biotopu *2

- rybník
- jiná vodní nádrž

Stanoviště - poznámky

Rozloha vodní plochy (ha)

Charakter obývaného substrátu *3

- bahnitý
- písčitý
- jiný jemnozrnný sediment
- jílovitý
- štěrkovitý
- kamenitý
- nezetlelý organický materiál
- jiný

*1 doplňte údaje do pole
*2 hodící se zaškrtněte
*3 hodící se zaškrtněte, možno i více údajů

Potenciální úkryty *3

- kameny
- napadané větve stromů
- vývraty
- kořen. systém živých stromů
- jemný naplavený sediment
- spadané listí
- vyhrabané úkryty ve dně
- vyhrabané úkryty v břehu
- volně ve vodě
- v regulaci
- mimo vodní prostředí
- kameny v blízk.vysych. biotopu
- jiné

Pokryvnost dna kameny - na sledované ploše (%)

Populace - počet jedinců

	samci	samice bez vajíček	samice s vajíčky	pozorovaní, ale neodchyceni raci
0 - 30 mm				
30,1 - 70 mm				
70,1 - 100 mm				
100,1 - 120 mm				
nad 120 mm				

Zastoupení jedinců s poškozením či deformacemi těla

	tykadla	klepeta	končetiny	karapax	zadeček	deformace těla
0%						
do 25%						
25-75%						
nad 75%						

Počet nalezených uhynulých jedinců

Celkový počet nálezů svleček

Populace - poznámky

Vlivy - významnost jejich působení

	nepřítomen	nevýznamný	málo významný	významný	velmi významný
frekvence regulace vodní hladiny					
intenzita (rozsah) regulace vodní hladiny					
znečištění vody průmyslovým odpadem					
vysychání					
odstraňování sedimentu					
změna druhové či věkové struktury ichtyocenozy					
intenzita rybářského hospodaření					
výskyt ostatků raků v požercích (a trusu predátorů)					

Požerky od norka/vydry

- ☐ ano
- ☐ ne

Trus od norka/vydry

- ☐ ano
- ☐ ne

Přítomnost jiného druhu raka

- ☐ Rak kamenáč *Austropotamobius torrentium*
- ☐ Rak bahenní *Astacus leptodactylus*
- ☐ Rak pruhovaný *Orconectes limosus*
- ☐ Rak signální *Pacifastacus leniusculus*

Výskyt potočnic

- ☐ ojedinělý
- ☐ řídký
- ☐ hojný

Výskyt plísní na racích

- ☐ 0%
- ☐ do 25%
- ☐ 25-75%
- ☐ nad 75%

Vlivy - poznámky

Příloha 6

Výzva - příklad informačního letáku pro veřejnost o opatřeních v případě úhynu raků

VÝZVA !!!

Vážení přátelé!

V Zákolanském potoce se nachází chráněný, kriticky ohrožený rak kamenáč a rak říční. V polovině srpna 2009 došlo k jejich úhynům v Podholí. Důvodem mohlo být vytrávení potoka vypuštěním odpadní vody.

Horší variantou by bylo vyhubení těchto raků smrtelnou nákazou tzv. „račím morem“, která je přenášena invazními americkými raky (rak pruhovaný, rak signální). Tito nebezpeční raci se šíří buď přirozenou cestou po Labi, Vltavě a přítocích, nebo umělým vysazováním člověkem (akvaristé, chataři, rybáři atd.) do rybníčků a toků. Nákaza může být přenesena i na mokré obuvi nebo na rybářském náčiní.

Důvod hynutí raků zatím není přesně znám, proto bychom Vás chtěli poprosit o dodržování pravidel předběžné opatrnosti...

Prosíme, nepřenášejte žádné raky, ani vodu z potoka, nevracejte raky do toku, pokud budou na břehu, snažte se nevstupovat příliš do toku.

Děkujeme za spolupráci a Váš zájem na ochraně populací našich původních druhů raků!

Pokud zaznamenáte případný další úhyn raků, prosím kontaktujte:

Mgr. Eva Kozubíková: evikkk@post.cz
Katedra zoologie, Přírodovědecká fakulta UK
Viničná 7, 128 44 Praha 2

Mgr. Monika Štambergová: monika.stambergova@nature.cz
Agentura ochrany přírody a krajiny ČR
Nuselská 34, 140 00 Praha 4

Mgr. Jan Mourek: jan_mourek@yahoo.co.uk
Katedra zoologie, Přírodovědecká fakulta UK
Viničná 7, 128 44 Praha 2

Příloha 7

Přehled lokalit blízkého výskytu původních evropských a nepůvodních severoamerických druhů raků v ČR

Přehled lokalit blízkého výskytu původních evropských a nepůvodních severoamerických druhů raků v ČR (do vzdálenosti přibližně 10 km od sebe), kde může ve zvýšené míře hrozit přenos račího moru na citlivé evropské druhy, zvláště pokud se raci obou skupin vyskytují ve stejném toku nebo povodí. Zahrnuta jsou však i místa, kde přirozený přímý kontakt populací není pravděpodobný nebo možný, stále však zůstává zvýšená pravděpodobnost nepřímého přenosu onemocnění (např. pomocí predátorů raků nebo zoospor s vodou či na mokrých předmětech). Data pocházejí z databáze lokalit s nálezem raků vedené AOPK ČR. Bližší informace o lokalitách a populacích raků je možné po domluvě získat tamtéž. Výčet lokalit v této tabulce není vyčerpávající a nemusí detailně odpovídat mapce v kapitole 6.2.5. (Obr. 85). PP, LP = pravostranný/levostranný přítok. VN = vodní nádrž.

Severo-americký druh raka	Lokalita	Původní evropský druh raka	Lokalita
rak signální	potok Kouba, Domažlicko	rak kamenáč	Medvědí potok (odtéká do Německa)
		rak říční	PP Medvědího potoka
rak signální	Blanice ve Vodňanech	rak říční	rybníky Zlatý a Pod Mandou
rak signální	rybníky ve vojenském prostoru u Lomů u Kunžaku, Jindřichohradecko, pozn. výskyt raků ověřen naposledy v roce 2002, později již raci nebyli nalezeni	rak říční	asi dvacet lokalit v okolí (rybníky, potoky)
rak signální	potok Babačka (přítok Oslavy), severně od Velkého Meziříčí	rak říční	Znětinecký potok (přítok Oslavy) + rybníky
		rak říční	Bohdalovský potok (přítok Oslavy) + rybníky
		rak říční	potok Zátoky (přítok Oslavy)
		rak říční	Křibský potok (přítok potoka Zátoky)
		rak říční	VN Mostiště na Oslavě

Severo-americký druh raka	Lokalita	Původní evropský druh raka	Lokalita
rak signální	Šípský potok (přítok Oslavy) a rybníky Spustík, Stržek a Nad tratí u Křižanova, severně od Velkého Meziříčí	rak říční	Balinka a Oslava ve Velkém Meziříčí
		rak říční	Svatoslavský potok (přítok Balinky)
		rak říční	rybník Klementice
		rak říční	Bobrůvka (teče do Svratky)
rak signální	říčka Bobrava (přítok Svratky), jižně od Brna	rak říční	Říčanský potok (přítok Bobravy)
		rak říční	Troubský potok (přítok Bobravy)
rak signální	Nový rybník u Čáslavic, Třebíčsko	rak říční	Nový rybník u Čáslavic
		rak říční	Šebkovický potok (přítok Rokytné)
		rak říční	Římovka (přítok Rokytné)
		rak říční	Dašovský potok (přítok Římovky)
rak signální	rybník Rybářství Litomyšl u obce Jedlová u Poličky	rak říční	rybník Rybářství Litomyšl u Jedlové
		rak říční	Baldovský potok u Jedlové
		rak říční	Korouhevský potok (teče do Svratky)
		rak říční	Jánský potok (teče do Svratky)
		rak říční	Fryšávka (přítok Svratky)
rak signální	retenční nádrž u Lubné, Kroměřížsko	rak říční	rybníky u Lubné
		rak říční	Kudlovický potok (přítok Moravy)
rak pruhovaný	Labe u Litoměřic	rak kamenáč	Luční potok (přítok Labe východně od Litoměřic)
		rak kamenáč	LP Trojhorského potoka (přítok Lučního potoka)

Severo-americký druh raka	Lokalita	Původní evropský druh raka	Lokalita
rak pruhovaný	Labe a pískovna Ostrá u Lysé nad Labem	rak bahenní	slepé rameno Labe u Lysé nad Labem
rak pruhovaný	Labe v Jaroměři	rak říční	Netřeba (přítok Labe ve Dvoře Králové)
rak pruhovaný	Ploučnice (přítok Labe) u Benešova nad Ploučnicí	rak kamenáč	Huníkovský potok (přítok Bystré tekoucí do Ploučnice)
rak pruhovaný	Ohře u Bohušovic nad Ohří a u Doksan; Stará Ohře u Českých Kopist	rak říční	Stará Ohře
rak pruhovaný	Úpa u obce Úpice	rak říční	Jívka (přítok Dřevíče, který teče do Metuje u Hronova)
rak pruhovaný	Jiřetínský potok (teče do Bíliny); retenční nádrž u Záluží u Litvínova	rak říční	Bílý potok (přítok Bíliny), pozn. raci vymizeli v roce 2009
rak pruhovaný	VN Všechlapy na toku Bouřlivec jižně od Teplic	rak říční	VN Všechlapy
rak pruhovaný	rybník na Říčanském potoce (přítok Rokytky) v Praze-Dubči	rak říční	Rokytka (přítok Vltavy)
rak pruhovaný	Vltava u Kralup nad Vltavou	rak říční	Zákolanský potok (přítok Vltavy)
rak pruhovaný	VN Orlík na Vltavě a její přítoky Jickovický potok, Hrejkovický potok, Velký potok, Novosedlský potok, Chřešťovický potok	rak říční, rak bahenní	několik rybníků v okolí
rak pruhovaný	VN Kořensko na Vltavě; Lužnice u soutoku s Vltavou; Bílinský potok (přítok Lužnice)	rak říční	rybník Vojtíšek na potoce Vojtíšek (přítok VN Orlík pod VN Kořensko)
rak pruhovaný	VN Hněvkovice na Vltavě a dál Vltava až po České Budějovice	rak říční	potok Budáček (přítok VN Hněvkovice)
		rak říční	Libochovka (přítok Vltavy severně od Hluboké nad Vltavou)
		rak říční	Pašinovický potok (přítok Stropnice)

Severo-americký druh raka	Lokalita	Původní evropský druh raka	Lokalita
rak pruhovaný	Berounka, Beroun, pozn. raci pruhovaní údajně pozorováni v roce 1992 (Hajer 1994), od té doby nález nepotvrzen	rak kamenáč	Hýskovský potok (přítok Berounky), pozn. raci kamenáči z lokality vymizeli, mohlo jít o račí mor
		rak kamenáč	Lánský potok (přítok VN Klíčava)
		rak říční	rybník Strouha na Klíčavě
		rak říční	Suchomastský potok (přítok Litavky)
		rak říční	Loděnice (přítok Berounky)
		rak říční	Krahulovský potok (přítok Loděnice)
rak pruhovaný	VN Hracholusky na Mži, Plzeňsko	rak říční	Úterský potok (přítok VN Hracholusky)
rak pruhovaný	Mže, Radbuza, Úhlava, Úslava a Berounka v Plzni, pozn. výskyt raků od údajného nálezu v roce 1991 (Hajer 1994) nepotvrzen	rak říční	Klabava (přítok Berounky) jižně od Plzně
rak pruhovaný	Sázava u Davle	rak kamenáč	Všenorský potok (přítok Berounky)
rak pruhovaný	Sázava u obce Čtyřkoly; ústí Konopišťského potoka do Sázavy	rak říční	Konopišťský potok (přítok Sázavy)
		rak říční	Mnichovka (přítok Sázavy)
		rak říční	Lomnický potok (přítok Mnichovky)
		rak bahenní	zatopený lom u Mirošovic
		rak říční	Benešovský potok (přítok Sázavy)
rak pruhovaný	Janovický potok (přítok Sázavy u Týnce nad Sázavou)	rak říční	Janovický potok (přítok Sázavy)
		rak říční	Podhajský potok (přítok Sázavy)

Severo-americký druh raka	Lokalita	Původní evropský druh raka	Lokalita
rak pruhovaný	Janovický potok (přítok Sázavy u Týnce nad Sázavou)	rak říční	Nesvačilský potok (přítok Janovického potoka)
		rak říční	Tisem (přítok Janovického potoka)
		rak říční	Mastník (přítok Vltavy)
		rak říční	Zdebořský potok (přítok Mastníku)
rak pruhovaný	zatopený lom Starý Klíčov, Domažlicko	rak říční, rak bahenní	zatopený lom Starý Klíčov, pozn. původní raci pozorováni jen sporadicky
		rak kamenáč	Medvědí potok (odtéká do Německa)
		rak říční	PP Medvědího potoka
		rak kamenáč	Zubřina (přítok Radbuzy) + rybníky
rak pruhovaný	Prudník (přítok Osoblahy) Slezsko	rak říční	Osoblaha nad Bohušovem, pozn. raci říční vymizeli v roce 2006 z úseku Osoblahy u soutoku s Prudníkem, příčinou mohl být račí mor
		rak říční	Matějovický potok (teče do Osoblahy)

Příloha 8

Stanovení výše způsobené ekologické škody na příkladu zničení evropsky významné lokality raka kamenáče Trojhorský potok v Českém středohoří (vypracoval B. Franěk, upraveno)

Hromadný úhyn populace raka kamenáče byl zaznamenán v bezejmenném přítoku Trojhorského potoka u Třebušína v oblasti CHKO České středohoří v roce 2006, kdy při havárii cisterny došlo k úniku chemického hnojiva Lovodam 30 (vodný roztok dusičnanu amonného s močovinou) do toku. Havárie způsobila vyhubení všech vodních živočichů až po soutok s Trojhorským potokem.

Pro potřeby stanovení výše způsobené ekologické škody se vychází z faktu, že na 1 m délky toku žilo 5 raků (viz průzkumy z roku 2001), přitom celková délka úseku s nejhustším výskytem byla 200 m. Pro výpočet škody, resp. ceny jednoho raka, byla použita metodika Státního ústavu památkové péče a ochrany přírody (Foukal 1979).

Východiska výpočtu způsobené škody:

I. Dle tabulky č. I základních hodnot jednotlivých druhů chráněných živočichů byla v roce 1979 stanovena cena raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) na 300,- Kč.

II. V tabulce č. II zvýšených sazeb je uvedena přirážka 100 % týkající se 1) vývojových stadií a užívaných sídel chráněných živočichů a 2) vývojových stadií bezobratlého živočicha nebo nižšího obratlovce. Tato sazba bude uplatněna při výpočtu škody za zničená oplodněná vajíčka raků.

III. V tabulce č. II zvýšených sazeb je uvedena přirážka 500 % týkající se případu, že k poškození předmětného druhu došlo v chráněném území, speciálně pro předmětný druh vyhlášeném. Tato sazba bude uplatněna při výpočtu škody uhynulých raků. Bezejmenný přítok Trojhorského potoka byl zařazen na národní seznam EVL (viz kapitola 5.3.1.).

IV. Pro výpočet dnešní ceny raka kamenáče byla cena z roku 1979 navýšena v souladu se součtem inflačních koeficientů od roku 1990 do roku 2005. Údaje o inflačním koeficientu byly pořízeny na Českém statistickém úřadu ČR. Do roku 1989 nejsou údaje o inflačním koeficientu k dispozici, inflace do roku 1989 není tedy uvažována.

Přehled inflačních koeficientů (rok/infl.koeficient):

1990/9,7	1991/56,6	1992/11,1	1993/20,8	1994/10,0	1995/9,1	1996/8,8	1997/8,5
1998/10,7	1999/2,1	2000/3,9	2001/0,1	2002/4,7	2003/0,1	2004/2,8	2005/1,9

SOUČET infl. koeficientů 1990 - 2005: 160,9 %

Stanovení výše škody na evropsky významné lokalitě (EVL) při zohlednění důvodů zařazení lokality na národní seznam EVL:

Výpočet ceny zničených vajíček:
Počet 20 000 ks
20 000 x 300,- Kč = 6 000 000,- Kč
6 000 000,- Kč + 100 % = 12 000 000,- Kč
12 000 000,- Kč + 160,9 % = 19 308 000,- Kč

Výpočet ceny uhynulých raků:
Počet 1 000 ks
1 000 x 300,- Kč = 300 000,- Kč
300 000,- Kč + 500 % = 1 500 000,- Kč
1 500 000,- Kč + 160,9 % = 2 413 500,- Kč

Celková cena: 21 721 500,- Kč

Stanovení výše škody dle dokladového materiálu (kadavery včetně vajíček):

Výpočet ceny zničených vajíček:
Počet 4 200 ks
4 200 x 300,- Kč = 1 260 000,- Kč
1 260 000,- Kč + 100 % = 2 520 000,- Kč
2 520 000,- Kč + 160,9 % = 4 054 680,- Kč

Výpočet ceny uhynulých raků:
Počet: 27
27 x 300,- Kč = 8 100,- Kč
8 100,- Kč + 500 % = 40 500,- Kč
40 500,- Kč + 160,9 % = 65 164,50 Kč

Celková cena : 4 119 844,50 Kč (slovy: čtyři miliony sto devatenáct tisíc osm set čtyřicet čtyři korun padesát haléřů)

Správa CHKO České středohoří konstatuje, že celá evropsky významná lokalita byla zničena, tok a pozemky nad tokem jsou kontaminovány nitráty, které nelze odbourat v krátkém časovém období a které budou i nadále potok kontaminovat.

Zničena byla jedna ze dvou lokalit raka kamenáče na území Českého středohoří. Došlo tak k zásadnímu negativnímu ovlivnění udržitelnosti populace raka na území CHKO s negativním dopadem na velikost populace na území celé ČR (na území ČR je 13 lokalit s rakem kamenáčem zařazených na národní seznam EVL).

S ohledem na kontaminaci toku, v jejímž důsledku došlo ke zhroucení celého ekosystému toku, a dále na nespojitost lokalit s výskytem raka nelze předpokládat samovolné oživení lokality rakem kamenáčem; stav je nevratný.

Příloha 9

Reintrodukce původních druhů raků a obnova jejich stanovišť (převzato z publikace Taugbøl & Peay (2004), upraveno)

Před (re)introdukcí je třeba provést pečlivý průzkum celé lokality a zjistit, zda se raci na lokalitě opravdu nenacházejí. V případě nízké početnosti raků se toto velmi špatně zjišťuje. Je nutné provádět průzkum několika různými metodami (Reynolds 2009).

V případě, že populace raků na lokalitě ještě stále existuje, je nutné lokalitu pečlivě prozkoumat a pokusit se určit přesné důvody, proč je populace takto oslabená. Posílení stávající populace se může v některých případech jevit jako vhodné, nicméně obecně se doporučuje ponechat ji bez introdukčního zásahu, aby se sama přirozeně rozvíjela a obnovila!

Reintrodukce může být vhodná na lokalitách bez přítomnosti raků, a to v případě:

a) obnovy populace, jež byla v poslední době zdecimovaná

b) rozšíření distribuce původních druhů v rámci historického areálu

c) tvorby nové nebo izolované populace za účelem zachování genetické diverzity nebo druhu*

---

* vytvářená místa, skýtající původním druhům raků bezpečné útočiště, jsou tzv. *Ark sites* neboli „archy". Více informací týkajících se ochrany původních druhů a vytváření Ark sites lze nalézt na internetových stránkách www.buglife.org.uk.

Jestliže na lokalitě došlo v nedávné době k úhynu raků, je důležité znát příčinu tohoto stavu a mít jistotu, že příčina byla trvale odstraněna před vysazováním raků. V mnoha případech úhynu původních populací raků je příčinou račí mor. Zdroj zamoření touto infekcí bývá způsoben nezákonným vysazením nebo migrací nepůvodních invazivních raků nebo díky samotné infikované vodě. V prvním případě je vysazení populací původních raků nemožné, protože nebezpečí choroby přetrvává s americkými raky. Jestliže zde dojde k vysazení původních raků, populace nepůvodních raků může být zdrojem pro další propuknutí račího moru. V tomto případě je vysoce pravděpodobné, že veškerá snaha a úsilí vynaložené na vysazování raků bude odsouzeno k nezdaru. V případě zamoření infikovanou vodou je reintrodukce možná, neboť spory *Aphanomyces astaci* bez přítomnosti hostitelských evropských druhů samy nepřežijí déle než

několik týdnů až měsíců (viz kapitola 6.2.5.). Je však třeba počkat raději delší dobu, než se k vysazení raků přistoupí. Je doporučována jednoroční pauza mezi propuknutím račího moru a případnou reintrodukcí (Cerenius et al. 2002).

Oproti historickému rozšíření původních raků je jejich dnešní distribuce velmi omezená. Proto je jedním z cílů právě návrat raků do původního historického rozsahu, ovšem jen v případě, že podmínky pro rozšíření původních raků jsou příznivé. Důvodem nepřítomnosti raků na lokalitách uvnitř původního historického rozsahu může být přítomnost invazivních raků, špatná jakost vody nebo nevyhovující habitat. Vysazení raků na nových lokalitách uvnitř historického areálu proto může být alternativou za zaniklé, nevyhovující lokality, které může podpořit zachování druhů a/nebo zachování genetické diverzity. Vysazení raků na novou lokalitu by mělo předcházet posouzení EIA. V případě, že by došlo k likvidaci nebo významnému zmenšení areálu jiných živočišných druhů díky nově vysazené populaci, akci není vhodné provádět. Velmi důležité je také posoudit zdravotní stav populace a riziko přenosu chorob z vysazovaných raků, což vyžaduje dostatečné odborné znalosti a speciální pracovní postupy k určení diagnózy patogenu. Toto je velmi důležité, zejména v případech vysazování raků do jiného povodí.

Před zamýšlenou reintrodukcí je bezpodmínečně nutné **posoudit, zda je lokalita pro raky vhodná**, což je velmi obtížný úkol. Musí být zřejmé, že se na vybrané lokalitě nenacházejí žádní raci, a to jak původní, tak invazivní. Stejně tak je důležité znát důvod vyhynutí raků a přesvědčit se, že příčina tohoto stavu byla odstraněna. Ještě před vysazením raků je nutné zhodnotit lokalitu na základě následujících hledisek:

- typ vodního útvaru
- fyzikálně - chemické vlastnosti vody
- geomorfologie toku a habitat (množství a kvalita úkrytů)
- přítomnost a riziko račího moru
- riziko invaze nepůvodních raků
- přítomnost predátorů (norek americký, vydra říční, ryby - úhoř říční, pstruh obecný, pstruh duhový atd.).

Při pochybnostech o jakosti vody nebo přítomnosti račího moru je třeba provést na lokalitě pilotní studii včetně umístění klece s živými raky a pokud je to možné, zahrnout do výzkumu i různá vývojová stadia za různých ročních období (juvenilní stadia, samice s vajíčky, v období svlékání, líhnutí apod.). Často je velmi těžké určit příčinu vymizení raků. Důvody mohou být různé,

např. zvýšená sedimentace způsobená eutrofizací a erozí ze zemědělských půd, která způsobuje zanesení úkrytů a usazení nevhodného substrátu na dně, změny v jakosti vody nebo ve složení druhů ryb, rovněž zvýšená hustota rybí obsádky může ztížit reintrodukci raků. Důležité je často zmiňované riziko nepůvodních raků. Pokud se v povodí nacházejí, je nutné zjistit, zda byli uměle vysazeni nebo jestli se přirozeně šíří tokem. Riziko je vysoké zvláště v případě, když neexistují žádné překážky na toku. Kemp et al. (2003) doporučují, aby nebyla uskutečněna žádná reintrodukce, jestliže se invazivní raci nacházejí do vzdálenosti 50 km od lokality určené k vysazování!

Všeobecná doporučení pro **zdroj populace určené k vysazení**:

a) existuje-li hojná, snadno dostupná a vhodná dárcovská populace, je dobré používat dospělé i mladé/juvenilní jedince
b) pokud není vhodná populace, je možné využít raky z odchovny
c) je-li potřeba založit populaci rychle a v potřebné hustotě, lze použít jedince, které máme k dispozici, a proces opakovat.

Při vysazování musí být brán ohled na genetické zvláštnosti a možnost zavlečení nemocí!!

Přednostní seřazení od nejvhodnějšího zdroje dárcovské populace:

1) stejný vodní tok
2) stejné povodí
3) přiléhající nebo sousední povodí ve stejném biogeografickém regionu pro raky
4) jiné povodí.

Prioritní pro výběr jsou populace s vysokou genetickou diverzitou a/nebo z jednoho místního zdroje. Tam, kde je omezená diverzita kvůli dřívějšímu vysazování a odlovu, je možné kombinovat pro vysazení několik místních populací. Raci se tak pravděpodobně nejlépe přizpůsobí podmínkám na nové lokalitě.

Obnova habitatu

Obnova vhodného habitatu je důležitým krokem v ochraně raků a měla by být prioritní. Posuzovat lze podle důležitosti následovně:

1) je obohacením pro celý ekosystém
2) přinese výhody pro původní druhy raků
3) je to způsob, jak nejlépe dosáhnout efektivnosti nákladů.

Způsob obnovení přírodního habitatu je pro každé místo individuální a v některých případech mohou být náklady limitujícím faktorem. Při navrhování úprav by mělo být cílem přiblížit se typem vodního útvaru co nejvíce přirozeným podmínkám, které odpovídají dané lokalitě.

Jako klíčové lze v ochraně původních populací raků považovat **informovanost a postoj veřejnosti**, hlavně v místě vysazování raků. Cíle i postupy prací by měly být předem diskutovány a odsouhlaseny místními investory, čímž se zlepší šance na úspěch projektu. Informování veřejnosti o nebezpečí a možnosti přenosu račího moru z invazivních raků na původní raky může zabránit snahám vysazovat tyto nepůvodní druhy.

Rejstřík latinských názvů rodů a druhů raků

Astacopsis gouldi 23
Astacus astacus 8, 10, 30, 37, 39, 55-63, 99, 119, 120
Astacus fluviatilis 122
Astacus leptodactylus 8, 10, 30, 37, 39, 63-71, 122, 165
Astacus pachypus 30
Astacus torrentium 122
Austropotamobius 110, 111
Austropotamobius pallipes 30, 31, 106, 110, 168
Austropotamobius torrentium . . . 8, 10, 30, 37, 39, 44-55, 99, 119, 120, 124
Cambaroides 26
Cherax destructor 32, 36, 130
Cherax quadricarinatus 32, 36
Orconectes 117
Orconectes immunis 31, 36
Orconectes juvenilis 32, 36
Orconectes limosus 8, 10, 31, 37, 39, 81-91, 100, 124
Orconectes rusticus 36, 130
Orconectes virilis 31, 36
Pacifastacus 26
Pacifastacus leniusculus 8, 10, 26, 31, 37, 39, 71-81, 124
Procambarus acutus/zonangulus 31, 33
Procambarus clarkii 31, 32
Procambarus falax 33
Procambarus sp. 16, 31, 33, 117
Procambarus zonangulus 32
Tenuibranchiurus glypticus 23