

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



Vliv vybraných morfologických parametrů toku na  
populaci raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*)

Lukáš Hulec

Bakalářská práce  
předložená  
na Katedře ekologie a životního prostředí  
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků  
na získání titulu Bc. v oboru  
Ochrana a tvorba životního prostředí

Vedoucí práce: RNDr. Vlastimil Kostkan, Ph.D.  
Konzultant: RNDr. Pavel Vlach, Ph.D.

Olomouc 2009



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Vlastimila Kostkana, Ph.D. a jen s použitím citovaných pramenů.

V Olomouci 11. května 2009

.....  
podpis

Hulec, L.: Vliv vybraných morfologických parametrů toku na populaci raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Bakalářská práce. Katedra ekologie a životního prostředí Přírodovědecké fakulty, Univerzita Palackého v Olomouci, 21 s., 2 přílohy, česky.

## **Abstrakt**

Práce se zabývá vlivem vybraných parametrů prostředí (hloubka, substrát, umístění v korytě, sediment a příbřežní vegetace) na populaci raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Od června do září 2008 byly mapovány mikrohabitaty a zaznamenávány údaje o odchycených jedincích na vybraných tocích západních Čech. Data byla sbírána metodou ručního prohledávání kombinovanou se síťovým mapováním mikrohabitátů. Při prohledávání se podařilo zaznamenat 996 jedinců na 1263 mikrohabitátech (celkem 113,7 m<sup>2</sup>). Analýzou dat byla zjišťována pohlavní a velikostní struktura populací a vliv jednotlivých parametrů na mikrohabitátové preference raka kamenáče.

Byl zjištěn silný vztah mezi preferencemi raka kamenáče a substrátem. Velmi preferován byl hrubozrnný substrát dna (oblázky, kameny a balvany). Naopak avoidanci jedinci vykazovali k jemnozrnným kategoriím substrátu (bahno, písek a jemný štěrk). Vhodný substrát je tedy jedním z klíčových faktorů prostředí, které jsou nezbytné pro perspektivní vývoj populace raka kamenáče.

Klíčová slova: mikrohabitat, preference, ruční prohledávání, síťové mapování, složení populace

Hulec, L.: Influences of the selected morphological parameters of the water course on the population of stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*). Bachelor thesis. Department of Ecology & Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc, 21 pp., 2 appendices, in czech.

## **Abstract**

This thesis is focused on the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) and the influence of certain environmental parameters (depth, substrate, location in stream-bed, sediments and shore vegetation) on its populations. The brook microhabitats of western Bohemia were mapped in the period June–September 2008 and the details of caught individuals were logged. The data were collected by the network mapping of microhabitats combined with the manual capture of individuals. 996 individuals were logged in total and 1,263 microhabitats (113.7 m<sup>2</sup>) were mapped. The structure of the populations and the influence of selected parameters on stone crayfish microhabitat preferences were analyzed based on the collected data.

There is a strong proved relationship between the preferences and the substrate. The most preferred substrate of a stream-bed is a coarse-grained type such as pebbles, stones and rocks. On the other hand stone crayfish avoided soft-grained substrate such as mud, sand and gravel. Suitable substrate was proved necessary for the prospective progress of the stone crayfish populations.

Key words: microhabitat, preference, manual capture, network mapping, structure of populations

## Obsah

Seznam tabulek.....	vii
Seznam obrázků.....	viii
Poděkování.....	ix
Úvod.....	1
Cíle práce.....	2
Rak kamenáč.....	3
Metody a materiál.....	7
Výsledky.....	13
Diskuse.....	16
Závěr.....	18
Literatura.....	19
Přílohy.....	21

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Kategorie substrátu podle velikosti zrn (Hauer a Lamberti 2006).....	9
Tabulka 2 Kategorie umístění v korytě podle proudění vody.....	10
Tabulka 3 Velikostní kategorie jedinců raka kamenáče (Dušek <i>et al.</i> 2006).....	11
Tabulka 4 Zastoupení pohlaví a velikostních kategorií na jednotlivých lokalitách.....	13

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Rozšíření raka kamenáče v ČR.....	2
Obrázek 2 Umístění vybraných lokalit v rámci České republiky.....	7
Obrázek 3 Postup při prohledávání mikrohabitatů.....	10
Obrázek 4 Preference jednotlivých velikostních skupin ke kategoriím parametrů prostředí vyjádřená indexem elektivity.....	14



## **Poděkování**

Mé díky patří všem, kteří mě přímo či nepřímo podporovali a pomáhali mi s tímto projektem. Především chci poděkovat RNDr. Vlastimilu Kostkanovi, Ph.D. , RNDr Pavlu Vlachovi, Ph.D. , Bc. Janě Smolové, své rodině, přátelům a samozřejmě i všem rakům, kteří se nechali chytit.



## Úvod

Astakofaunu České republiky tvoří pět druhů raků. Jsou to rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*), rak říční (*Astacus astacus*), rak bahenní (*Astacus leptodactylus*), rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) a rak pruhovaný (*Orconectes limosus*). Rak říční a rak kamenáč jsou našimi původními druhy, i když se předpokládá, že výskyt raka kamenáče mimo povodí Dunaje souvisí s činností člověka (Machino a Füreder 2005). Rak bahenní byl dovezen v 19. století z Polska. Rak signální a rak pruhovaný jsou americké druhy zavlečené do řady evropských toků a vodních ploch. Poslední dva jmenovaní jsou významnými přenašeči račího moru.

Toto plísňové onemocnění, jehož původcem je oomyceta *Aphanomyces astaci*, v minulosti způsobilo velké ztráty, či úplné vymizení původních račích populací. I dnes se objevují lokální úhyny, ale díky izolovanosti populací a migračním bariérám se onemocnění nešíří na větší území (Kozubíková *et al.* 2008). Rak kamenáč je stejně jako ostatní původní evropské druhy silně citlivý na račí mor. Kromě račího moru je ohrožen i predčním tlakem ze strany norka amerického či rybí obsádky v přerybněných tocích. V neposlední řadě mu neprospívají ani necitlivé zásahy a úpravy přirozených koryt a intenzivní rybářství (Fischer *et al.* 2004). Znečišťování toků je také velký problém, i když se ukazuje, že rak kamenáč má zřejmě k některým druhům znečištění větší toleranci, než se v minulosti soudilo (Svobodová *et al.* 2008).

V posledních letech přibývá poznatků o biologii tohoto kriticky ohroženého druhu. Asi nejvíce informací v České republice je získáváno dlouhodobým monitoringem stávajících populací, hledáním nových populací a analýzou kvality vody, ve které se rak kamenáč vyskytuje. Probíhají také další výzkumné projekty, které se zabývají račím morem, predátory raků a řadou dalších témat. Přes všechny tyto snahy je stále málo podrobnějších údajů o ekologii raka kamenáče.

Tématem této práce je studium vybraných populací raka kamenáče v povodí Úslavy, Úhlavy a Klabavy. Hlavní důraz je kladen na popis struktury těchto populací a preferencí mikrohabitatů. Získané poznatky přispějí k poznání nároků raka kamenáče a měly by se uplatnit v praktické ochraně tohoto kriticky ohroženého druhu.

## **Cíle práce**

Protože se v současné době ukazuje, že není dostatek informací o ekologických nárocích raka kamenáče, klade si tato práce za cíl především shromáždit informace o vybraných faktorech prostředí, které mohou mít vliv na populace raka kamenáče. Závěry práce by měly přispět k ochraně a zlepšení kvality biotopů toho druhu. Hlavní cíle tedy jsou:

- popsat velikostní a sexuální strukturu populací na vybraných lokalitách,
- sledovat vliv vybraných proměnných na preference raka kamenáče.

## **Rak kamenáč**

### **Status**

Rak kamenáč je v České republice chráněn podle zákona 114/1992 Sb. jako kriticky ohrožený druh. Je prioritním druhem systému Natura 2000. Nachází se v červených seznamech České republiky i IUCN, je zahrnut v Bonnské úmluvě, Bernské úmluvě a CITES.

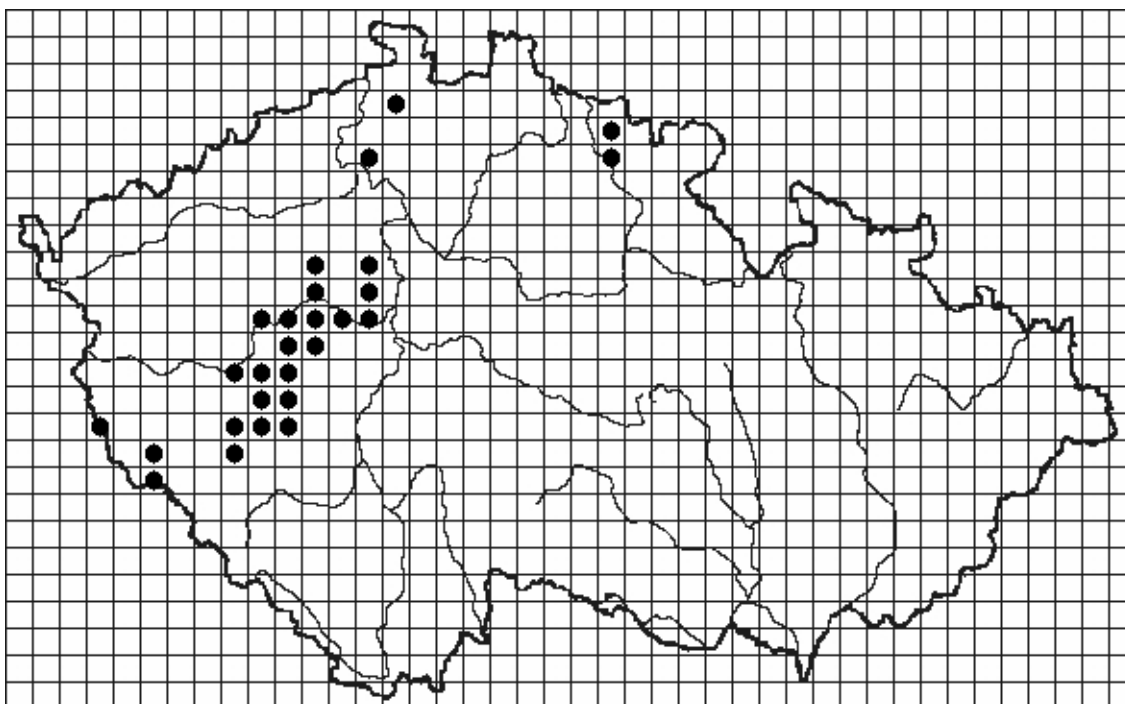
### **Výskyt**

Rak kamenáč se vyskytuje od Řecka po Německo a od Rumunska po východní Francii a Švýcarsko. Nachází se také v Turecku (Harlioğlu a Güner 2007) či na Ukrajině (Holdych 2002, Machino a Füreder 2005). Je považován za panonský prvek, který se rozšířil povodím Dunaje. V několika zemích se vyskytuje i v tocích, které do povodí Dunaje nespádají. To může být způsobeno umělým vysazením (Machino a Füreder 2005). Nutno dodat, že rak kamenáč, nejmenší evropský druh raka, nebyl nikdy tak masově využíván a chován, jako například rak říční (Huber a Schubart 2005). Na území České republiky je výskyt druhu doložen z více než 30 toků (obr. 1). Nejvýznamnější populace se nacházejí v západních Čechách (především v povodí Úhlavy, Úslavy a Bradavy), středních Čechách (na Křivoklátsku), v Krkonoších a Českém středohoří (Chobot 2006, Rak ... 2009).

### **Parametry habitatů**

Rak kamenáč se většinou vyskytuje v malých tocích s relativně mírným sklonem (Machino a Füreder 2005, Bohl 1987), ale jsou známy případy, kdy byl nalezen v poměrně velkém toku nebo rychle proudícím úseku. Bohl (1987) uvádí souvislost hustoty populací s členitostí toku. Důležitá je struktura dna. Jedinci totiž vyhledávají úkryty právě v substrátu dna (Vorburger a Ribí 1999). Byl prokázán vztah mezi velikostí a tvarem kamenů a velikostí jedinců, kteří byli pod nimi ukryti (Streissl a Hödl 2002b).

Důležitým parametrem je také kvalita vody. Výskyt raka kamenáče je popsán ve vodách, které mají tyto fyzikálně-chemické vlastnosti: letní teplota 11 – 26°C, pH 5,7 – 8,6, konduktivita 80 – 700 µS/cm, vápník 7 – 70 mg/l, hořčík 2,6 – 21,0 mg/l, železo do 1,2 mg/l, chloridy do 16,7 mg/l, dusitany do 0,05 mg/l, dusičnany do 10 mg/l a saprobní index 1,4 – 2,6 (Bohl 1987)



Obr. 1 Rozšíření raka kamenáče v ČR. (Chobot a Štambergová 2009)

### Životní cyklus

Rak kamenáč se může dožít až 8 let (Brewis a Bowler 1982 v Streissl a Hödl 2002a) a dorůst velikosti přes 10 cm. Pohlavní zralosti dosahuje okolo třetího roku života, při velikosti 59 – 65 mm (Streissl a Hödl 2002a). Jiným autorům se podařilo nalézt samici s vajíčky o délce 45 mm (Huber a Schubart 2005) a také z dlouhodobého monitoringu, který probíhá na českých lokalitách jsou známy samice s vajíčky o délce pod pět centimetrů (Fischer a Vlach 2009, ústní sdělení). Páření probíhá na podzim, kdy sameček přilepí samičce pod zadeček spermatofory. Poté samička naklade vajíčka, která nosí přichycena na *peleopodech* pod zadečkem až do jejich vylíhnutí na konci jara. Vajíček bývá 40 až 100 kusů (Kozák et. al 1998). Huber a Schubart (2005) dokonce odchytili samici se 110 vajíčky. Při poklesu teploty vody pod 6°C klesá aktivita jedinců raka kamenáče (Maguire et al. 2002) a je zpomalen i vývoj vajíček.

Stejně jako u ostatních raků dochází i u raka kamenáče k svlékání. První svlékání bývá většinou začátkem sezony, v květnu. Další je pak závislé na individuálních podmínkách, hlavně na rychlosti růstu jedince. Svlečku rak většinou požírá, aby si obnovil zásobu minerálů potřebných pro obnovu a zpevnění krunýře.

### Potrava

Rak kamenáč se živí jak rostlinou, tak živočišnou potravou. Živočišnou složku tvoří mršiny, ale je schopen i aktivně lovit. Loví larvy hmyzu, blešivce a jiné vodní

organismy odpovídající velikosti. Rak kamenáč je aktivní převážně v noci a přes den je ukryt před predátory (Renz a Breithaupt 2000).

Predátory raků jsou ryby, ptáci, šelmy a bylo dokonce pozorováno i lovení juvenilních jedinců larvami vážek (Ackefors 1998 v Ďuriš a Horká 2005). Rybími predátory jsou hlavně lososovité ryby a vranky, lovcí juvenilní jedince. Z ptáků to jsou racci, vrány, kachny, volavky a v neposlední řadě i ledňáček. Pravděpodobně největšími predátory jsou savci, zejména norek americký. Raky loví také vydra říční a nepohrdne jimi ani liška (Ackefors 1998 v Ďuriš a Horká 2005).

### **Ohrožení**

Stávající populace jsou ohrožovány řadou faktorů. Mezi nejvýznamnější patří račí mor (Kozubíková et al. 2008), predace norkem americkým a necitlivá činnost člověka (Fisher et al. 2004).

Račí mor je onemocnění způsobované oomycetou *Aphanomyces astaci*. Plíseň prorůstá kutikulou a napadá centrální nervovou soustavu (Söderhäll a Cerenius, 1999 v Kozubíková et al. 2008). Jedinci raka kamenáče při nakažení v drtivé většině případů do několika týdnů umírají (Vorbürger a Ribí 1999).

Nemoc pochází ze Severní Ameriky a do Evropy se dostala spolu s americkými druhy raků, kteří jsou vůči ní odolní. První výskyt nemoci byl zaznamenán v padesátých letech 19. století v severní Itálii. Odtud se epidemie rychle šířila a během půl století zasáhla téměř celou Evropu. Populace raků byly zdecimovány natolik, že druhá vlna račího moru, v první polovině 20. století, se na řadě míst projevila jen sporadicky (Alderman 1996 v Kozubíková et al. 2008).

V České republice je první doložený úhyn zaznamenán v roce 1883. Vrcholu epidemie dosáhla na přelomu 19. a 20. století (Lohniský 1983 v Kozubíková et al. 2008). Další úhyny jsou známy z první poloviny 20. století na říčce Jemčině na Jindřichohradecku a na řece Volyňce (Volf 1926). Hrozba račího moru však trvá a v současné době se stále vyskytují lokální úhyny na Křivoklátsku, Mělnicku, Jindřichohradecku a Třinecku (Kozubíková et al. 2008). Ale díky izolaci jednotlivých populací zatím nedochází k rozšíření epidemie na větší území.

Norek americký byl v Evropě chován jako kožešinové zvíře. Kvůli občasným únikům z chovů a následnému množení došlo ve volné přírodě k vytvoření samostatných populací. Ty pak vytvářejí nepřírozený predační tlak na okolí. Fischer et al. (2004) odhaduje, že na 7 kilometrovém úseku Padrt'ského potoka bylo během jednoho roku uloveno norkem americkým 8000 – 36000 jedinců.

Nemalou měrou ohrožuje raka kamenáče i necitlivá činnost člověka.

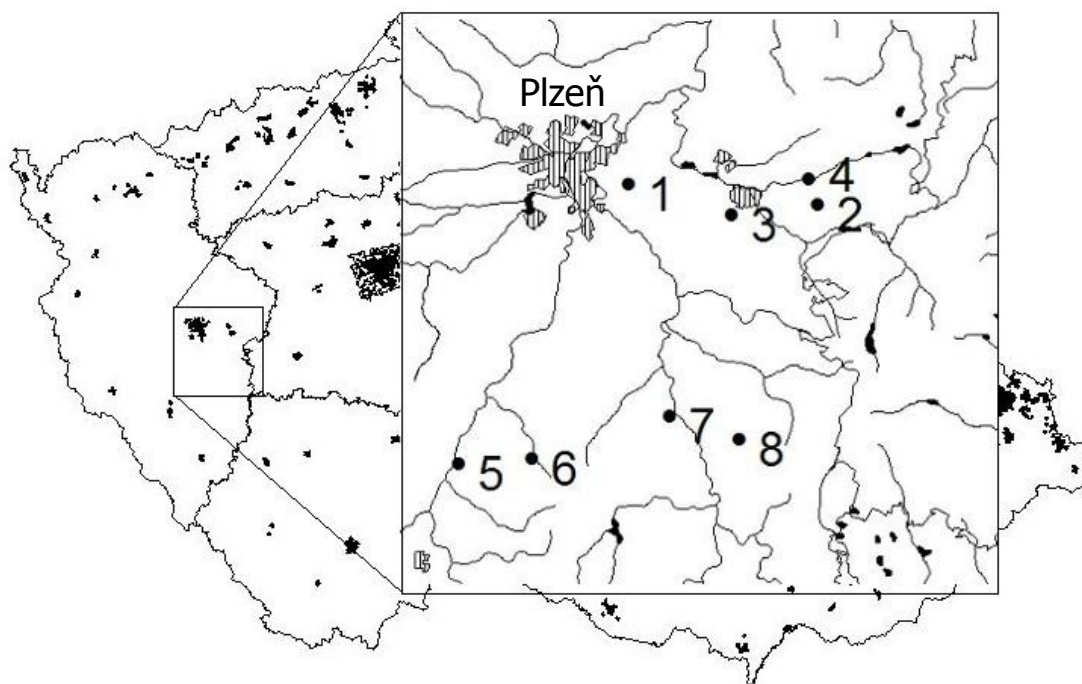
Jsou to především:

- úpravy přirozených koryt, mající za následek usmrcení jedinců, nebo snížení atraktivity koryta,
- intenzivní rybářství produkující velké množství ryb, zvláště pstruhů, v potocích.
- chovné nádrže, které eutrofizují vodu a dochází k zanášení koryta pod nádrží bahnitými sedimenty,
- znečištění toků zemědělstvím a průmyslem.



## Metody a materiál

Terénní výzkum probíhal v období červen až září 2008 na 8 vybraných tocích spadajících do povodí Úhlavy, Úslavy a Klabavy (obr. 2). Hlavními kritérii pro výběr lokality byly přirozeně silná a negativními vlivy málo ovlivněná populace raka kamenáče, přírodě blízký a dostatečně členitý charakter koryta (příloha 1) (negativními vlivy jsou míněny výrazná predace raků norkem americkým či jinými predátory a znečištění toku). Populace raků byly posuzovány dle údajů Fischera a Vlacha (2008, ústní sdělení). Úroveň predace byla stanovena na základě monitoringu požerků a trusu norka amerického a vydry říční v rámci sledování populací raka kamenáče Vlachem (2008, ústní sdělení) a Fischerem (2008, ústní sdělení). Na všech vybraných tocích jsou populace raka kamenáče dlouhodobě monitorovány.



Obr. 2 Umístění vybraných lokalit v rámci České republiky (1-Božkovský potok, 2-Hůrecký potok, 3-Rakovský potok, 4-Chejlava, 5-Vlčí potok, 6-Zlatý potok, 7-Chocenický potok, 8-Přešínský potok)

### Vybrané lokality

#### 1. Božkovský potok

Malý vodní tok pramenící u obce Letkov (410 m n. m.) a ústící do Úslavy v Plzeňské městské části Božkov (310 m n. m.). Délka toku je 5,8 kilometru. Zájmová lokalita se

nachází východně od Plzně u obce Božkov v nadmořské výšce 360 m n. m. (GPS 49°44'16"N, 13°27'18"E). Tok je zde napřímen a zastíněn příbřežní vegetací. V letních měsících dochází k vysychání převážně bahnitého koryta.

## 2. Hůrecký potok

Malý vodní tok pramenící u obce Strašice (590 m n. m.) a ústící do Holoubkovského potoka v obci Svojkovice (395 m n. m.). Délka toku je 8,5 kilometru. Zkoumaná lokalita se nachází na východ od Rokycan v blízkosti obce Hůrky (GPS: 49°44'40"N, 13°41'4"E), v nadmořské výšce 450 m n. m. Jedná se o napřímené koryto s řídkou příbřežní vegetací.

## 3. Rakovský potok

Malý vodní tok pramenící poblíž obce Raková (570 m n. m.) a vlévající se do Klabavy v obci Rokycany (350 m n. m.). Délka toku je 6,4 kilometru. Zkoumaná lokalita se nachází na jih od Rokycan. Tok zde protéká podél silnice Rokycany-Štáhlavy (GPS: 49°43'20"N, 13°34'44"E), v nadmořské výšce 390 m n. m., je napřímen, místy zpevněn polovegetačními tvárnicemi a zastíněn příbřežní vegetací.

## 4. Chejlava (Úzký potok)

Malý vodní tok pramenící u obce Těškov (490 m n. m.) a ústící do Holoubkovského potoka u obce Svojkovice (395 m n. m.). Délka toku je 7,6 kilometrů. Zájmová lokalita, se nachází severovýchodním směrem od Rokycan, poblíž obce Svojkovice (GPS: 49°45'46"N, 13°40'00"E). V nadmořské výšce 400 m n. m. Tok je zde zastíněn okolním lesním porostem, neregulován a jsou zachovány výrazné meandry.

## 5. Vlčí potok

Malý vodní tok pramenící u obce Kbel (470 m n. m.) a ústící do Úhlavy v obci Jíno (365 m n. m.). Délka toku je 5,2 kilometru. Zájmová lokalita se nachází asi 20 km jižně od Plzně u obce Jíno (GPS: 49°33'50"N, 13°38'02"E), v nadmořské výšce 370 m n. m. Koryto je zde napřímené a zastíněno příbřežní vegetací.

## 6. Zlatý potok

Malý vodní tok pramenící u obce Skašov (515 m n. m.) a soutokem s Kucínským potokem tvořící Příchovický potok, který se vlévá v obci Příchovice do Úhlavy (350 m n. m.). Délka toku je 10,5 kilometru. Zkoumaná lokalita se nachází přibližně 20 km jižně od Plzně poblíž obce Horšice (GPS: 49°31'07"N, 13°23'51"E) v nadmořské výšce 440 m n. m. Koryto má přirozený charakter a je zastíněno lesním porostem.

## 7. Chocenický potok

Malý vodní tok pramenící mezi obcemi Jarov a Svárkov (490 m n. m.). Ústící do

Úslavy v obci Blovice (380 m n. m.). Délka toku je 7,4 kilometru. Zájmová lokalita se nachází jižně od Plzně u obce Vlčice (GPS: 49°34'09"N, 13°32'35"E) v nadmořské výšce 390 m n. m. Tok je zde napřímen a zastíněn příbřežní vegetací.

#### 8. Přešínský potok

Malý vodní tok pramenící u obce Přešín (580 m n. m.) a ústící do Úslavy v obci Ždírec (395 m n. m.). Délka toku je 5,5 kilometru. Zkoumaná lokalita se nachází asi 20 km jihovýchodně od Plzně poblíž obce Louňová (GPS: 49°33'49"N, 13°37'46"E) v nadmořské výšce 540 m n. m. Je zastíněna okolním lesním porostem a koryto má přirozený charakter.

#### Terénní sběr dat

Ke sběru dat byla použita upravená metodika monitoringu raka kamenáče (Dušek *et al.* 2006). Ve vymezeném úseku vodního toku byly zvoleny dvě plochy o velikosti 6 m<sup>2</sup>, tak aby měly dostatečně členité dno. Členitým dnem je míněno zastoupení alespoň tří kategorií substrátu (tab. 1). Na každé ploše byla rozprostřena síť o rozměrech 180×270 cm (příloha 1). Síť měla 6×9 čtvercových ok o velikosti 30x30 cm. Oka sítě vyznačovala mikrohabitaty, kde probíhalo měření a odlov jedinců. Pro každý mikrohabitat se měřily tyto parametry:

- hloubka vodního sloupce - hloubka ve středu mikrohabitu v centimetrech,
- umístění v korytě - rozděleno podle umístění mikrohabitu v korytě vzhledem k proudění vody (tab. 2),
- substrát - převládající typ substrátu uvnitř mikrohabitu. Substrát byl rozdělen do kategorií podle velikosti zrn (tab. 1).

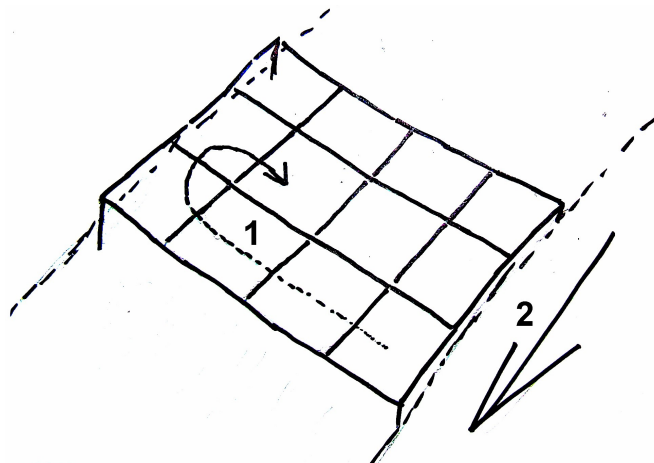
Tab. 1 Kategorie substrátu podle velikosti zrn (Hauer a Lamberti 2006)

Název kategorie	Velikost zrn [mm]
Bahno	< 0,2
Písek	0,2 – 2
Jemný štěrk	2,1 – 6
Hrubý štěrk	6,1 – 20
Oblázky	20,1 – 50
Kameny	50,1 – 200
Balvany	200,1 <

Tab. 2 Kategorie umístění v korytě podle proudění vody

Název kategorie	Popis kategorie
Proudnice	Nachází se v proudnici
Vzdutí	Nachází se v místě, kde vlivem nějaké překážky dochází ke vzdutí hladiny.
Mimo proudnici	Nachází se ve vodě tam, kde nedochází ke vzdutí, ani tudy neprotéká proudnice
Břeh	Nachází se v korytě, avšak je zde nulová hloubka

Odchyt raků byl prováděn metodou ručního prohledávání potenciálních úkrytů v substrátu, tak aby nedošlo k poškození jedinců. U odchycených raků se zaznamenávalo pohlaví a zařazení do velikostní kategorie (tab. 3). Jedinec byl zaznamenán i pokud se jej nepodařilo odlovit, ale byl vizuálně zařazen do velikostní kategorie. Mikrohabitaty byly prohledávány v řadách kolmo na směr proudu, aby nedocházelo k zakalování vody na ještě neprohledaných mikrohabitátech (obr. 3). Odchycení jedinci byli vypouštěni o několik metrů dále po proudu. Tím se zabránilo jejich opětovnému odchycení. Jedinci byli určováni podle klíče (Petrušková *et al.* 2007)



Obr. 3 Postup při prohledávání mikrohabitátů (1-směr prohledávání mikrohabitátů, 2-směr proudění vody)

Tab. 3 Velikostní kategorie jedinců raka kamenáče (Dušek *et al.* 2006)

Kategorie	Velikost jedince [mm]
1.	0 – 15
2.	15,1 – 30
3.	30,1 – 60
4.	60,1 – 90
5.	90,1 <

Tímto způsobem byly zmapovány všechny mikrohabitaty pokryté sítí, které se nacházely v korytě toku. Pro celou síť se stanovovaly další parametry:

- příbřežní vegetace - příbřežní vegetace dané plochy. Použito bylo členění na stromové, keřové a travní porosty,
- sediment - převládající sediment dna na vybrané lokalitě podle velikosti zrn (tab. 1). Sedimentem je míněno podloží substrátu.

Všechny zjištěné hodnoty byly zaznamenány do předem připraveného formuláře (příloha 1) a poté přeneseny do elektronické podoby.

Každá plocha byla mapována vždy začátkem a koncem léta.

### **Materiál**

Celkem bylo prohledáno 1263 mikrohabitátů v 26 sítích na 8 lokalitách a zaznamenáno 996 jedinců raka kamenáče (příloha 2).

### **Analýza dat**

Z těchto dat byly zpracovány:

- denzita na jednotlivých lokalitách,
- zastoupení velikostních kategorií a pohlaví odchycených jedinců na jednotlivých lokalitách,
- vliv vybraných parametrů na mikrohabitátové preference jednotlivých velikostních kategorií. Vliv parametrů byl analyzován pomocí logistické regrese. K vyjádření preferencí byl použit index elektivity. Tento index zobrazuje preferenci jedinců vzhledem k danému parametru prostředí poměrem relativních četností. Index elektivity byl počítán pomocí vzorce  $E = (r - p) / (r + p - 2rp)$ . Kde E je index elektivity, který nabývá hodnot v rozmezí od -1 (maximální avoidance) do 1 (maximální preference), r je četnost jedinců dané kategorie nalezených v daném prostředí a p je četnost dané kategorie prostředí ve všech ploškách (Gras a Saint-Jean 1982, Lott 2004).

Rozdíly jednotlivých četností byly testovány Fisherovým exaktním testem. Ke

statistickým úkonům byl použit program NCSS 2007. Na zpracování textu, tabulek a grafů byl použit software OpenOffice 2.3.

## Výsledky

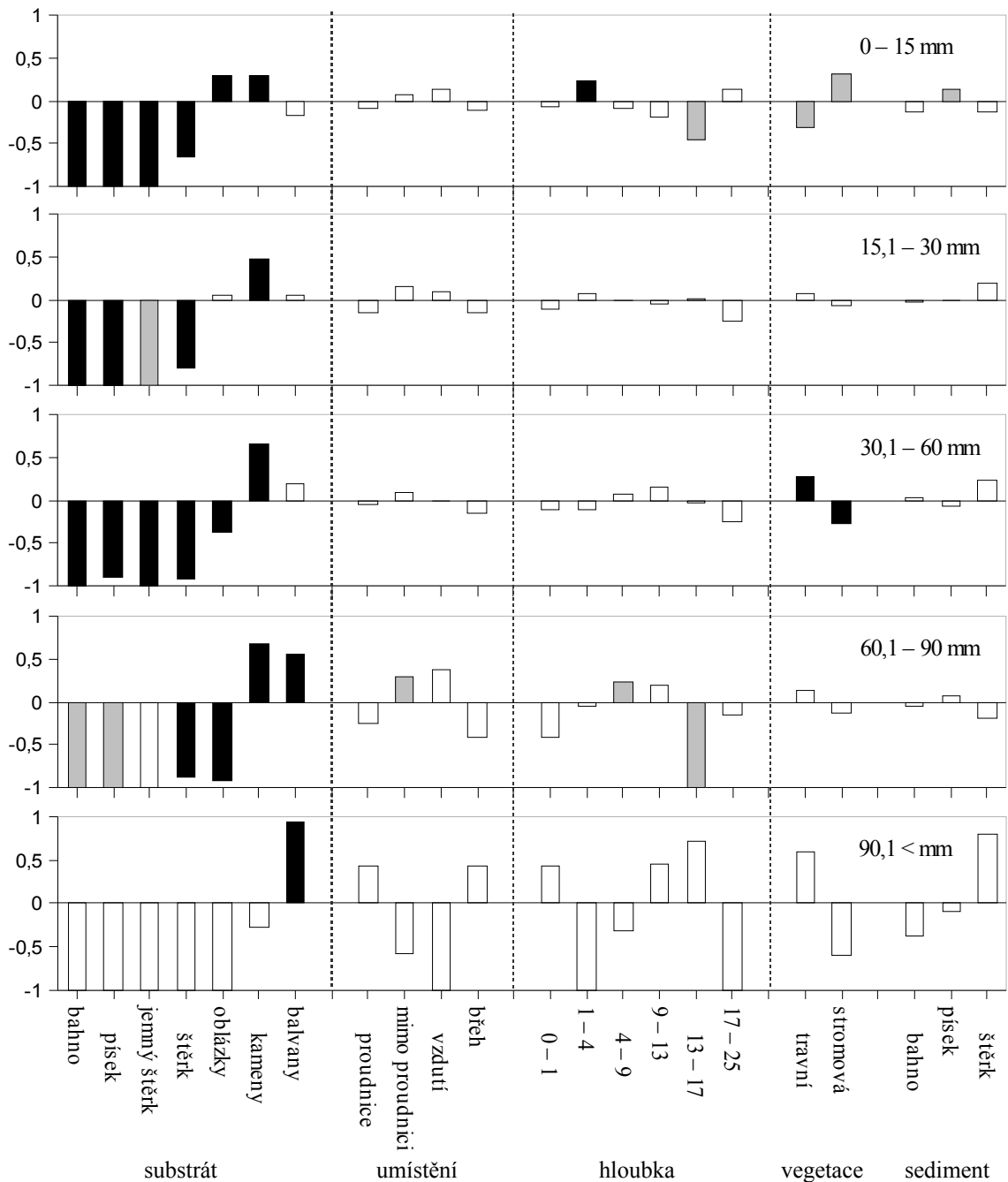
Při prohledávání vybraných úseků vodních toků v průběhu června až září 2008 bylo zaznamenáno 996 jedinců na 1263 mikrohabitátech (celkem 113,7 m<sup>2</sup>). Na Vlčím potoce byla zaznamenána denzita 13 jedinců/m<sup>2</sup>, na Chocenickém potoce 11,8 jedinců/m<sup>2</sup>, na Hůreckém potoce 11,7 jedinců/m<sup>2</sup>, na Přešínském potoce 7,2 jedinců/m<sup>2</sup>, na Rakovském a Zlatém potoce 6,4 jedinců/m<sup>2</sup>, na Chejlavě 5,9 jedinců/m<sup>2</sup> a na Božkovském potoce 0,6 jedinců/m<sup>2</sup>.

Podařilo se zaznamenat jedince všech velikostních kategorií. Četnost raků v jednotlivých kategoriích nebyla vyrovnaná. Do velikostní kategorie 0 – 15 mm patřilo 35% jedinců, 19% jedinců měřilo 15,1 – 30 mm, 37% jedinců patřilo do velikostní kategorie 30,1 – 60 mm, 8% jedinců patřilo do velikostní kategorie 60,1 – 90 mm a méně než 1% jedinců patřilo do velikostní kategorie nad 90 mm. Na Hůreckém a Vlčím potoce bylo relativně nejvíce raků velikostní kategorie 0 – 15 mm. Na ostatních lokalitách dominovala velikostní kategorie 30,1 – 60 mm. Výjimku tvoří Božkovský potok, kde byli nalezeni pouze dva jedinci velikostní kategorie 60,1 – 90 mm (tab. 4).

U jedinců s určeným pohlavím bylo zastoupení pohlaví vyrovnané jak na jednotlivých lokalitách, tak ve velikostních kategoriích. Výjimkami byly jen Božkovský potok, kde jediní dva nalezení jedinci byly samice, a velikostní kategorie nad 90 mm, kde všichni 4 jedinci byli samci (tab. 4).

Tab. 4 Zastoupení pohlaví a velikostních kategorií na jednotlivých lokalitách.

	Hůrecký potok	Chocenický potok	Přešínský potok	Rakovský potok	Chýlava	Zlatý potok	Božkovský potok	Vlčí potok	Celkem
pohlaví									
samci	36	81	21	34	25	44	0	47	288
samice	34	71	16	30	26	38	2	57	274
neurčeno	137	64	26	34	54	33	0	86	434
velikostní kategorie									
0 – 15	103	45	23	24	36	33	0	86	350
15,1 – 30	38	40	9	26	14	27	0	36	190
30,1 – 60	51	107	27	39	48	39	0	61	372
60,1 – 90	13	23	4	8	7	16	2	7	80
90,1 <	2	1	0	1	0	0	0	0	4



Obr. 4 Preference jednotlivých velikostních skupin ke kategoriím parametrů prostředí vyjádřená indexem elektivity. Každý sloupec zobrazuje index elektivity, který může nabývat hodnot od  $-1$  (maximální avoidance) do  $1$  (maximální preference). Hodnoty blízké nule značí malý vliv na preference dané kategorie. Černou barvou zvýrazněné preference byly spočítány z relativních četností, jejichž rozdíl byl průkazný na hladině významnosti menší než  $0,01$ . Šedou barvou označené preference znamenají průkaznost rozdílu použitých četností na hladině významnosti menší než  $0,05$  a preference mající bílou barvu neměly průkazný rozdíl četností použitých pro výpočet.

Vyhodnocení dat pomocí logistické regrese prokázalo, že výrazný vliv na velikost zaznamenaných jedinců raka kamenáče má substrát ( $P < 0,01$ ) a hloubka ( $P = 0,049$ ).



Vliv příbřežní vegetace ( $P = 0,52$ ) a umístění v korytě ( $P = 0,48$ ) nebyl potvrzen. U sedimentu ( $P = 0,11$ ) se také nepodařilo prokázat výrazný vliv. Pomocí Fischerova exaktního testu byl ověřován rozdíl jednotlivých četností, ze kterých se počítal index elektivity pro jednotlivé kategorie parametrů (příloha 1). Jedinci o velikosti 0 – 15 mm preferovali kameny ( $P < 0,01$ ) a oblázky ( $P < 0,01$ ), výšku vodního sloupce 1 – 4 cm ( $P < 0,01$ ), stromový charakter příbřežní vegetace ( $P = 0,0242$ ) a písčité sediment ( $P = 0,0333$ ). Jedinci velikosti 15,1 – 30 mm preferovali kameny ( $P < 0,01$ ). Raci velikosti 30,1 – 60 mm preferovali kameny ( $P < 0,01$ ) a příbřežní vegetaci s travními porosty ( $P = 0,0028$ ). Jedinci velikostní kategorie 60,1 – 90 preferovali kameny ( $P < 0,01$ ) a balvany ( $P < 0,01$ ), dále jim vyhovovalo umístění mimo proudnici ( $P = 0,0186$ ) a hloubka 4 – 9 cm ( $P = 0,043$ ). Raci velikosti více než 90 mm preferovali jako substrát balvany ( $P < 0,01$ ) (obr. 4).

## Diskuse

Zjištěné základní parametry populací, jako jsou denzita a složení populací, se při porovnání s dlouhodobým monitoringem (Fischer a Vlach 2009, ústní sdělení) do značné míry liší. To je zřejmě zapříčiněno nenáhodným výběrem a malou velikostí sledovaných ploch v použité metodice. Vliv může mít rovněž subjektivní chyba mapovatele při odchytu jedinců.

Poměrně vysoká denzity poukazují na již zmíněný nenáhodný výběr, kdy byly plochy pro mapování vybírány tak, aby zde byla dostatečná diverzita prostředí. Vysoké denzity na úsecích s velkou strukturální členitostí byly zaznamenány i v Bavorsku (Bohl 1987).

Velikostní složení populací se vzájemně podobalo na všech lokalitách, kromě Božkovského potoka, kde byli nalezeni pouze dva jedinci. Velké množství jedinců o velikosti 0 – 15 mm, zvláště na Hůreckém a Vlčím potoce, poukazuje na silnou a životaschopnou populaci. Relativně nízká početnost velikostní kategorie 15,1 – 30 mm může být vysvětlena rychlejším růstem menších jedinců a zvýšenou četností v kategorii následující, kde jedinci dospívají a zpomaluje se jejich růst (Streissl a Hödl 2002a). Další skupinou byly jedinci velikosti 30,1 – 60 mm. Tato skupina dosahovala největší četnosti pravděpodobně z již výše zmíněných důvodů. Velice nízká četnost jedinců kategorie 60,1 – 90 mm může být zneklidňující, protože podle Streissla a Hödla (2002a) je právě tato reprodukční skupina. Jiným autorům se však podařilo nalézt samici s vajíčky o délce 45 mm (Huber a Schubart 2005) a také z dlouhodobého monitoringu, který probíhá na českých lokalitách, jsou známy samice s vajíčky o délce pod pět centimetrů (Fischer a Vlach 2009, ústní sdělení). Velikost nad 90 mm měli pouze 4 samci. Velikost přesahující 9 cm je maximální velikost do které může rak kamenáč dorůst, a protože samci dorůstají větších rozměrů než samice (Streissl a Hödl 2002a), dá se očekávat, že zastoupení samců v této velikostní kategorii bude větší než zastoupení samic.

Zastoupení pohlaví bylo vyrovnané jak na lokalitách, tak v jednotlivých velikostních kategoriích. Výjimkou byla již zmíněná velikostní kategorie nad 90 mm a Božkovský potok, kde jediní dva nalezení jedinci byli samice o velikosti 60,1 – 90 mm. Božkovský potok byl po prvním mapování zhodnocen jako nevhodný pro tuto studii. Bylo zde zjištěno málo členité koryto toku s převládajícím bahnitým sedimentem a vysycháním v letních měsících. Právě málo členité koryto kombinované s vysycháním toku redukuje

variabilitu mikrohabitátů a omezuje tak možnost jedince vybrat si mezi mikrohabitaty podle svých preferencí.

Logistická regrese prokázala významný vliv substrátu na velikost zaznamenaných jedinců. Rak kamenáč je druh, který vyhledává a obsazuje úkryty (Vorburger a Ribí 1999). Proto má na jeho populace silný vliv kvalita substrátu jako zdroj potenciálních úkrytů.

Jedinci preferovali substrát s větší zrnitostí (oblázky, kameny a balvany). V těchto substrátech vznikají prostory, které mohou sloužit jako úkryt. Naopak v substrátech s jemnými zrny nedochází k vytváření dostatečně velkých prostor a raci jsou zde vystaveni riziku predace a mladí jedinci také kanibalismu (Vlach 2009, ústní sdělení). I přes to lze v některých hlinitých korytech najít raka kamenáče. V hlinitém dně si jedinci při nedostatku jiných úkrytů hloubí nory (Machino a Füreder 2005). V České republice byly nalezeny obsazené nory například na Rakovském nebo Chocenicím potoce (Vlach 2009, ústní sdělení). V průběhu mapování však nebyl zaznamenán žádný jedinec v noře.

Dále lze sledovat, že drobnější jedinci obsazují substráty s menší velikostí zrn, v nichž vznikají menší prostory. Pokud o volnou prostorou mají zájem dva jedinci, tak ji většinou obsadí větší z nich (Vorburger a Ribí 1999). Na drobnější jedince proto zůstávají menší prostory v jemnějším substrátu. Dostatečně velký úkryt, však může poskytnout útočiště i několika jedincům různé velikosti.

Vliv hloubky nebyl tak výrazný jako vliv substrátu. Přesto lze v hodnotách indexu elektivity postřehnout, že s velikostí těla roste preference k hloubce. Jedinci velikostní kategorie 0 – 15 mm preferovali hloubku 1 – 4 cm. Jedinci velikostní kategorie 60,1 – 90 mm preferovali hloubku 4 – 9 cm. Preference mělkých partií u malých jedinců může být způsobena absencí ryb, které by je mohly ohrožovat (Streissl a Hödl 2002b). Nepříliš výrazný vliv ostatních sledovaných parametrů si lze vysvětlit malým ovlivněním jedinců, kteří jsou schováni v úkrytech, kam tyto parametry tolik nezasahují, ale může být způsoben i nedostatkem dat

## **Závěr**

Ze sledovaných parametrů má nejvýraznější vliv na preference raka kamenáče substrát. Jedinci nejvíce vyhledávali kategorie s velkou velikostí zrn (oblázky, kameny a balvany), které nabízí největší množství použitelných úkrytů. Preference k ostatním zkoumaným parametrům nebyly v provedené analýze dostatečně průkazné, zejména s ohledem na relativně malé množství získaných dat během prvního roku výzkumu. Proto je dalším cílem získání větších objemů dat pro společné porovnání všech stanovovaných parametrů pomocí mnohorozměrných metod. Tato analýza by měla být součástí diplomové práce, která se bude zabývat potvrzením nastíněných trendů preferencí raka kamenáče. Také je potřeba pokusit se lépe definovat proměnné jako jsou sediment a příbřežní vegetace. Vhodné by bylo připojit k dalšímu výzkumu i analýzu kvality vody.

Zjištěné poznatky mohou být vodítkem k porozumění nárokům raka kamenáče. Zároveň mají velký význam pro praktickou ochranu přírody. Umožňují lépe posuzovat zásahy do toků, hodnotit kvalitu lokalit tohoto druhu a zajistit jeho účinnou ochranu.

## Literatura

- Bohl E. 1987. Comparative studies on crayfish brooks in Bavaria (*Astacus astacus* L., *Austropotamobius torrentium* Schr.). *Freshwater crayfish*, 7: 287–294.
- Dušek, J. Ďuriš, Z. Fischer, D. Petrušek, A. Štambergová, M. a Vlach, P. 2006: Metodika monitoringu raka kamenáče. - Manuscript, depon. in AOPK Praha.
- Ďuriš Z. a Horká I. 2005. Rešerše biologie a ekologie raků v České Republice. Ostrava, 2005: 1 – 31.
- Fischer D., Bádr V., Vlach P. a Fischerová J. 2004. Nové poznatky o rozšíření raka kamenáče v Čechách. *Živa*, 2/2004. 79 – 81.
- Gras, R. a Saint-Jean, L. 1982: Comments about Ivlev's electivity index. *Rev. Hydrobiol. trop.* 15 (1): 33–37.
- Harlioğlu M. M. a Güner U. 2007: A new record of recently discovered crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Shrank, 1803), in Turkey BFPP/Bull. Fr. Pêche Piscic. (2007) 387 : 01-05.
- Hauer F. R. a Lambert G. A. 2006: *Methods in stream ecology*, Academic Press, 2006, 877pp.
- Holdich D. 2002. Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* (2002) 367 : 611-650.
- Huber M. G. J. a Schubart C. D. 2005: Distribution and reproductive biology of *Austropotamobius torrentium* in Bavaria and documentation of contact zone with the alien crayfish *Pacifastacus leniusculus*, *Bull. Fr. Pêche Piscic.* (2005) 376-377 : 759-776.
- Chobot, K. 2006: Mapování raků v AOPK ČR. *Ochrana přírody*, 61, 2006, č. 2: 57 – 59.
- Chobot K. a Štambergová M. 2009: Mapa rozšíření *Austropotamobius torrentium* v ČR. *BioLib* [<http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id129/>].
- Kozák P., Pokorný J., Polícar T. a Kouřil J. 1998: Základní morfologické znaky k rozlišení raků v ČR. *Metodika, VÚRH, Vodany* 56: 1-20.
- Kozubíková E., Petrušek A., Ďuriš Z., Martín M. P., Diéguez-Urbeondo J. a Oidtmann B. 2008: The old menace is back: Recent crayfish plague outbreaks in the Czech

Republic Aquaculture 274 (2008) 208–217.

Lott, M. 2004: Habitat-Specific Feeding Ecology of Ocean-Type Juvenile Chinook Salmon in the Lower Columbia River Estuary. - Manuscript, depon. in University of Washington, School of Aquatic and Fishery Sciences.

Maguire I., Erben R., Klobučar G.I.V. a Lajtner J. 2002: A year cycle of *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in streams on Medvednica mountain (Croatia). Bull. Français Pêche Piscia, 367: 943-957.

Machino Y. a Fürender L. 2005. How to find a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803): a biogeographic study in Europe. Bull. Fr. Pêche Piscic. (2005) 376-377 : 507-517.

Petrusková, T. Fischer, D. Štambergová, M. Petrušek, A. a Kozubíková, E. 2007: Praktická ochrana raků [<http://www.biolib.cz/DOC/ochrana-raku.pdf>].

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*), (2009): [<http://www.biomonitoring.cz/druhy.php?druhID=21>].

Renz M. a Breithaupt T. 2000: Habitat use of the crayfish *Austropotamobius torrentium* in small, brooks and in lake constance, southern germany, Bull. Fr. Pêche Piscic. (2000) 356 : 139-154.

Streissl F. a Hödl W. 2002a: Growth, morphometrics, size at maturity, sexual dimorphism and condition index of *Austropotamobius torrentium* Schr. Hydrobiologia, 477: 201-208.

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

Svobodová J., Štambergová M., Vlach P., Pícek J., Douša K. a Beránková M. 2008: Vliv jakosti vody na populace raků v České republice-porovnání s legislativou ČR. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 50 (6/2008) : 1 – 5.

Volf F., 1926: Račí mor a hynutí raků v řece Volyňce. Rybářský věstník, 6(7-9): 98-100, 116-118, 131-133, 146-147.

Vorburger CH. a Ribí G. 1999: Aggression and competition for shelter between a native and an introduced crayfish in Europe, Freshwater Biology (1999) 42, 111-119.

## **Přílohy**