

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra biologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Invazivní druhy raků v České republice

Michaela Szkanderová

Olomouc 2024

Mgr. Kateřina Sklenářová, Ph.D.

## Anotace

<b>Jméno a příjmení:</b>	Michaela Szkanderová
<b>Katedra:</b>	KPŘ – Katedra biologie
<b>Vedoucí práce:</b>	Mgr. Kateřina Sklenářová, Ph.D.
<b>Rok obhajoby:</b>	2023/2024

<b>Název práce:</b>	Invazivní druhy raků v ČR
<b>Název v angličtině:</b>	Invasive species crayfish in Czech Republic
<b>Zvolený typ práce:</b>	Bakalářská (Bc.)
<b>Anotace práce:</b>	Bakalářská práce se zabývá historií a současným stavem populace raků v České republice s důrazem na invazivní druhy. V práci jsou definovány klíčové termíny související s invazí. Práce je také zaměřena na morfologii, ekologii a biologii nepůvodních i původních druhů raků v ČR. Práce dále zkoumá negativní vlivy invazivních druhů raků na původní populace raků v ČR a možnosti ochrany původních druhů.
<b>Klíčová slova:</b>	Biologie, Česká republika, ekologie, historie, invazivní, ochrana, původní, rak
<b>Anotace v angličtině:</b>	The bachelor thesis deals with the history and current status of the crayfish population in the Czech Republic, with an emphasis on invasive species. The thesis defines key terms related to invasion. It also focuses on the morphology, ecology, and biology of non-native and native crayfish species in the Czech Republic. Furthermore, it examines the negative impacts of invasive crayfish species on native crayfish populations in the Czech Republic and the possibilities for their protection.
<b>Klíčová slova v angličtině:</b>	Biologie, Czech Republic, ecology, history, invasive, protection, native, crayfish
<b>Přílohy vázané v práci:</b>	0
<b>Rozsah práce:</b>	50 stran
<b>Jazyk práce:</b>	Čeština

## Obsah

Úvod.....	5
Cíl bakalářské práce.....	6
1. Terminologie spojená s invazí .....	7
2. Vznik a historie raků v ČR .....	8
3. Biologie raků.....	10
3.1 Systematické zařazení raků.....	10
3.2 Morfologie a fyziologie raků .....	10
3.3 Potrava .....	12
3.4 Predátoři raků.....	13
3.5 Rozmnožování a vývoj raků .....	13
3.6 Růst a svlékání.....	16
4. Invazivní druhy raků v ČR.....	17
4.1 Rak bahenní ( <i>Astacus leptodactylus</i> ).....	17
4.1.1 Životní cyklus .....	18
4.1.2 Biologie a ekologie .....	18
4.1.3 Rozšíření v ČR.....	19
4.2 Rak signální ( <i>Pacifastacus leniusculus</i> ).....	20
4.2.1 Životní cyklus .....	21
4.2.2 Biologie a ekologie .....	21
4.2.3 Rozšíření v ČR.....	22
4.3 Rak pruhovaný ( <i>Orconectes limosus</i> ).....	23
4.3.1 Životní cyklus .....	24
4.3.2 Biologie a ekologie .....	24
4.3.3 Rozšíření v ČR.....	25
4.4 Rak mramorovaný ( <i>Procambarus virginalis</i> ).....	26
4.4.1 Životní cyklus .....	27

4.4.2 Biologie a ekologie .....	27
4.4.3 Rozšíření v ČR.....	28
5. Původní druhy raků v ČR .....	29
5.1 Rak kamenáč ( <i>Austropotamobius torrentium</i> ).....	29
5.1.1 Životní cyklus .....	30
5.1.2 Biologie a ekologie .....	31
5.1.3 Rozšíření v ČR.....	31
5.2 Rak říční ( <i>Astacus astacus</i> ).....	32
5.2.1 Životní cyklus .....	33
5.2.2 Biologie a ekologie .....	34
5.2.3 Rozšíření v ČR.....	35
6. Negativní vliv invazivních druhů raků na původní druhy raky v ČR.....	36
6.1 Račí mor.....	36
6.2 Následky pro ostatní vodní organismy .....	37
6.3 Dopad na potravní interakce v ekosystému .....	38
7. Ochrana původních druhů raků.....	39
8. Současný stav raků v ČR v porovnání s historií .....	40
8.1 Rak říční.....	40
8.2 Rak kamenáč.....	41
8.3 Rak pruhovaný.....	41
8.4 Rak signální .....	42
8.5 Rak mramorovaný.....	43
8.6 Rak bahenní .....	44
9. Závěr .....	46
10. Zdroje.....	48

## Úvod

Raci spadají do nejhojnější skupiny bezobratlých živočichů, kteří se vyskytují ve sladkých vodách. Jsou nedílnými členy vodního ekosystému. V České republice se nachází šest druhů raků, avšak naši původní raci jsou pouze dva druhy. Je to rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) a rak říční (*Astacus astacus*). Zbývající čtyři druhy jsou nepůvodně invazivní. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), rak signální (*Pacifastacus leniusculus*), rak mramorový (*Procambarus virginalis*) a rak bahenní (*Astacus leptodactylus*), který je často zaměňován s naším původním druhem, ačkoli byl zde zavlečen na konci 19. století jako náhrada za raka říčního, jehož populace byla zlikvidována onemocněním nazývaným jako račí mor. Tento mor – nemoc či nákaza – je pro naše původní druhy raků smrtelně nebezpečný a přenáší ho právě invazivní druhy raků (Štambergová et al., 2009).

V České republice se raci nacházejí na různých stanovištích stojatých i tekoucích vod. Naše původní druhy raků jsou u nás chráněny zákonem o ochraně přírody a krajiny (zákon č. 114/1992 Sb.). Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) se vyskytuje zejména v Čechách a rak říční (*Astacus astacus*) obývá Českou republiku rovnoměrně. Invazivní druh raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) najdeme v Čechách a na Moravě. Raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) nalezneme především na jihu země a raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) v Čechách (Štambergová et al., 2009).

V polovině 19. století se zásoby raků v českých vodách jevily jako nevyčerpatelné. Avšak se zvětšujícím se průmyslem a růstem množstvím odpadů, které se dostávalo do vod docházelo k postupnému poklesu populací raků. Našeho původního raka říčního (*Astacus astacus*) téměř vyhubil račí mor na konci 19. století. Následně byly podniknuty snahy o obnovu populace raků prostřednictvím introdukce raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) jako náhrada za vyhynulé raky říční. Nicméně tyto pokusy o introdukci selhaly, neboť i tento původní evropský druh je citlivý na račí mor. Proto byly v Evropě zvoleny jako alternativa severoamerické druhy raků, jelikož se ukázaly jako odolnější vůči tomuto onemocnění. O nebezpečí, že tyto druhy mohou být přenašeči smrtelného onemocnění nebylo známo, a jestliže ano, tak při introdukci to bylo ignorováno (Štambergová et al., 2009).

## Cíl bakalářské práce

Cílem mé bakalářské práce je popsat historii a současný stav populace raků na území České republiky se zaměřením na invazivní druhy. V práci budou definovány klíčové termíny související s invazí. Zaměřím se také na morfologii, biologii a ekologii invazivních i původních druhů raků v ČR. Dále budou zkoumány negativní vlivy invazivních druhů raků na původní raky v ČR a ochrana původních druhů raků. Práce je teoretická a je založena na rešerši odborné literatury.

## 1. Terminologie spojená s invazí

Invazivní terminologie se často používá v souvislosti s biologií a ekologií. V České republice je hojné množství termínů a pojmů, které mají jasný význam, avšak v anglické literatuře se významově mohou lišit. Existují velké rozdíly v terminologii, která se používá pro účely legislativy a odborné ekologické literatury (Pyšek, 2018)

Biologická invaze (biological invasion) představuje proces, během kterého dochází k přenesení druhu do nové oblasti mimo jeho přirozený výskyt. Tyto druhy mohou vyvolávat negativní dopady na místní ekosystémy a biodiverzitu. Důležitý aspekt biologické invaze hraje zavlečení a vliv člověka, jelikož mnoho druhů bylo přeneseno do nových oblastí lidskou činností. Dalším hlediskem je schopnost rychlého šíření, protože invazivní druhy jsou charakteristické svým rychlým růstem, vysokou schopností reprodukce a odolností vůči nepříznivým podmínkám prostředí (Elton, 1958).

Podle Mlíkovského a Stébala (2006) je invazní nepůvodní druh (invasive alien species) nepůvodní druh, který se rychle šíří od svého mateřského prostředí a ohrožuje biologickou diverzitu. V nové oblasti se agresivně šíří na úkor místních druhů. Hlavními vlastnostmi invazivních nepůvodních druhů je rychlý růst a reprodukce, schopnost rychlé adaptability a také vytlačování místních druhů, kteří spolu konkurují o potravu a prostor. Další termín spojený s invazí je nepůvodní druh (alien species), který se vyskytuje mimo svůj přirozený areál. Mohl se přirozeně rozšířit do nových oblastí, ale také mohl být zavlečený člověkem. Rozdíl mezi invazivním nepůvodním druhem a nepůvodním druhem závisí na míře dopadu na místní ekosystémy. Invazivní nepůvodní druhy mohou způsobovat vážné ekologické problémy (Simberloff a Rejmánek, 2011).

Původní druh (native species) je to druh, který na území vznikl v průběhu evoluce bez pomoci lidské činnosti. Hlavní charakteristika původních druhů zahrnuje přirozený výskyt na daném místě, a také historickou přítomnost v daném regionu v rámci přirozené evoluce. Introdukce (introduction) označuje úmyslný nebo neúmyslný přenos druhu mimo jeho původní areál výskytu. Etablování (establishment) je proces, při kterém nepůvodní druhy rodí životaschopné potomky v novém prostředí. Tento proces často představuje první fázi k tomu, aby se druh stal invazivním. Dalším klíčovým termínem je reintrodukce (reintroduction), což je proces, kdy jedinci určitého druhu jsou znovu vysázeni do daného prostředí. Cíl reintrodukce je obnovit populaci druhu na daném místě, kde byl běžnou součástí daného prostředí (Mlíkovský a Stébalo., 2006, Pyšek et al., 2008).

## 2. Vznik a historie raků v ČR

Kozák et al. (2009) sděluje, že raci vznikli koncem permského období, tedy koncem prvohor před cca 250 miliony let. Dnes víme, že mají společný původ s mořskými humry, kteří společně osídlili praoceán Paleotethys. Z paleontologických nálezů víme, že tito korýši se separovali od humrů už v triasu, tedy v nejstarších druhohorách (Štambergová et al., 2009).

Předchůdci současných raků pravděpodobně opustili praoceán a migrovali do sladkých vod během jedné populace na tehdejší superkontinent Pangea. I když fosilní záznamy zatím nedokázaly určit na konkrétní místo na Pangei, kde k tomuto přechodu došlo, existují důkazy, že zástupci obou hlavních čeledí raků (Astacidae, Parastacidae) jsou dobře známí z období konce jury a začátku křídý, které odpovídá období před 130-150 miliony let (Kozák et al., 2013).

Před rokem 1914 zemědělská rada bohatě podporovala chov raků a každoročně je vysazovala na podzim do přírody. V roce 1914, když první světová válka začala, aktivity spojené s chovem raků a jejich vysazováním do přirozeného prostředí upadaly. Snížení výskytu raků zapříčinil račí mor, ale také člověk, který raky lovil. Po první světové válce, kdy epidemie tohoto moru byla na ústupu, byli raci opět vysazováni z nezasažených území. Krupauer (1968) uvádí, že se račí mor šířil do České republiky ze dvou směrů, a to do Čech z Německa a na Moravu z Polska. V roce 1883 docházelo k velkému úhynu raka říčního (*Astacus astacus*) ve Slezsku. Lze předpokládat, že tento masový úhyn ryků byl způsoben právě račím morem. Také v řekách Dyji a Svitavě byly zaznamenány velké úhyny raků. Populace raků byly silně zredukovány, nicméně konkrétní záznamy o úhynu raků na našem území jsou minimální. Epidemie tohoto smrtelného onemocnění u nás dosáhla vrcholu v letech 1893-1904. Na Moravě pokračovala až do roku 1906 (Kozák et al., 2009, Štěpán, 1932).

Česká republika se také zabývala expedováním raka říčního. Vývoz a lovení raků se prováděl ve 30. letech a později opět v 60. a 70. letech 20. století. V roce 1904 se vylovilo přibližně 50 tisíc kusů raků. Na přelomu 19. a 20. století vzniklo v ČR několik záchranných chovů, jednalo se však o lokální význam k udržení a rozšíření raka říčního (Dubský et al., 2003).

Podle Kozáka et al. (2009) v letech 1960-1985 nastává výrazný úbytek raků v ČR v důsledku růstu průmyslové a zemědělské výroby a s tím související prudké znečištění vod. Raci na konci těchto let obývali jen zřídka kdy některé horní toky a vzácně jsme je mohli najít také ve stojatých vodách. V letech 1998-1999 došlo k masovému úhynu raka říčního a raka bahenního v CHKO Kokořínsko v potoce Pšovka. Byly tam nalezeny tisíce mrtvých raků.



V roce 2004 bylo nalezeno nové ohnisko račího moru v potoku Křivec ve Slezsku. Jednalo se o masové vymření raka říčního v této oblasti (Kozubíková et al., 2008, Kozubíková et al., 2009).

Nepůvodní druhy raků na našem území zde byli zavlečeni v 19. a 20. století. Rak bahenní (*Astacus leptodactylus*) v druhé polovině 19. století byl importován z Haliče (dnes je toto území rozděleno mezi Polsko a Ukrajinu) a uměle osídlil Čechy. V roce 1980 byl dovezen rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) ze Švédska a vysázen v okolí Hradce Králové a u Velkého Meziříčí. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) se k nám dostal přirozenou migrací z Německa. První výskyt byl evidován v roce 1988 v Ústí nad Labem (ČSOP, 2007).

## 3. Biologie raků

### 3.1 Systematické zařazení raků

Raci patří do kmene členovců (Arthropoda), podkmen korýši (Crustacea), třída rakovci (Malacostraca) a do řádu desetinožci (Decapoda) (Dubský et al., 2003). Na celém světě žijí 3 čeledi raků. Severní polokouli obývají čeledi Astacidae a Cambaridae. Na jižní polokouli je zastoupena pouze jedna čeleď zvaná Parastacidae. Z Čeledi Cambaridae se 80 % druhů vyskytuje na jihovýchodě USA a je to jedno ze dvou nejdůležitějších center diverzity račích druhů. Druhé se nachází v Austrálii, kde většina druhů náleží do čeledi Parastacidae (Patoka, 2008).

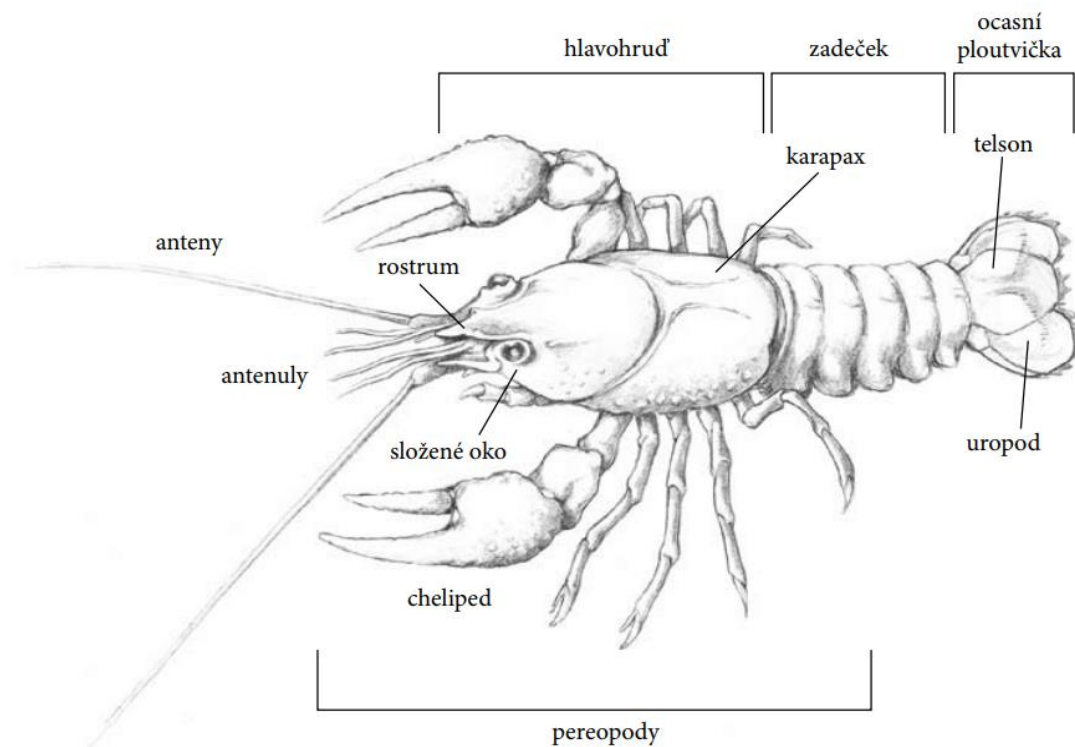
V ČR se nachází čeledi Astacidae a Cambaridae. Čeleď Astacidae je rozdělena na podčeledi Astacinae a Pacifastacinae. Čeleď Cambaridae zahrnuje podčeleď Cambarinae, v které se nachází rod *Orconectes*, kde patří druh raka pruhovaného. Podčeleď Astacinae zahrnuje rody *Astacus* s druhy raka říčního a bahenního, a také rod *Austropotamobius*, kde se řadí rak kamenáč. Do podčeledi Pacifastacinae spadá rod *Pacifastacus* s druhem raka pruhovaného (Dubský et al., 2003).

### 3.2 Morfologie a fyziologie raků

Raci mají celé tělo pokryto vnějším krunýřem, zvaným také jako exoskelet. Tento pevný krunýř pokrývá jednotlivé tělní články, na kterých rozeznáváme čtyři destičky – hřbetní tergity, břišní sternity a dva boční pleurity. Články jsou spojeny měkkou membránou, která umožňuje jejich pohyb. Články na zadečku jsou navíc spojeny klouby, které zajišťují přesnou polohu sousedních článků (Kozák et al., 2013). Tělo raka je tvořeno hlavohrudí (cephalothorax), zadečkem (abdomen) a končetinami. Chitinový krunýř je prostoupen uhličitánem a fosforečnanem vápenatým. Krunýř je hladký a jemně zdrsňený, s výraznými výrůstky pouze na klepetech. Krunýř poskytuje také ochranu díky svému zbarvení, které se přizpůsobuje okolnímu prostředí. Dvě základní barviva, které se objevují v račím krunýři, jsou blankytná modř (cyanokrystalin) a sytá červeň (krustaceorubin), ta je zodpovědná za červenou barvu raků při vaření (Štambergová et al., 2009). Charakteristickým znakem raků je deset výrazných kráčivých končetin, tedy pět párů, zahrnující velké klepeta na prvním páru. Rak má 19 párů končetin, zahrnující dva páry tykadel, dva páry čelistí a jeden pár kusadel (Obr. 1). Další 14 párů končetin nejsou určeny pouze k chůzi, ale také ke kousání, plavání, uchopování potravy a přivádění čerstvé vody do žaberních štěrbin. Samičkám slouží končetiny také k udržování

vajíček a jejich omývání, zatímco u samců slouží jako kopulační orgán (Štambergová et al., 2009, Kozák et al., 2013).

Tělo raků je přibližně v polovině svojí délky rozděleno příčnou týlní rýhou na dvě části, které se spojují do jednoho celku, tvořící hlavohruď (Obr. 1). Krunýř hlavové části vystupuje vpřed v nápadný rypec (rostum). Složené oči se nacházejí na pohyblivých stoncích po obou stranách rosta. Rak je schopen pohybovat každou stopkou nezávisle a sledovat různé směry. Jeho zrak je velmi dobře vyvinutý, dobře vidí také ve tmě. Za očima se nacházejí hrbolky, které se liší v počtu a tvaru a slouží jako rozlišovací znak mezi různými druhy raků. Pod očima raků se nacházejí dva páry tykadel. Vnitřní pár, nazývaný antenuly a vnější anteny. Vnitřní tykadla jsou výrazně kratší než vnější. Vnější tykadla jsou zakrnělá, zatímco vnitřní tvoří mohutné, pravidelně otočené směrem dozadu a sahá až ke čtvrtému článku zadečku. Tykadla mají funkci hmatu a čichu. Na vnějších tykadlech se nacházejí vyvýšeniny, kde jsou umístěny sluchové váčky. Raci dýchají pomocí žaber, které se nacházejí v žaberních komorách. Žaberní komory jsou po stranách těla raků a jsou kryté karapexem (Dubský et al., 2003).



Obr. 1. Vnější morfologie raka (Štambergová et al., 2009, s. 13).

Srdce raka je vakovitý orgán, který leží v uzavřené dutině zvané jako osrdečníkový vak. Raci mají otevřenou cévní soustavu, kde se tepny postupně větví do tenčích trubiček, až na

konci jsou otevřené jemné vlasečnice, skrze která krev prosakuje přímo do tkání. Odkysličená krev z celého těla je následně sbírána břišní žílou a transportována do žaber, kde se prokysličuje a zbavuje nadbytečných plynů (Kozák et al., 2013). Krev z žaber putuje cévami do osrdečnickového prostoru. Při diastole (roztažení srdce) se na povrchu otevřou speciální otvory zvané ostia, skrze které je krev vtažena do srdce. Těchto ostií má rak tři páry. Během systoly (stahování srdce) se otvory zavřou chlopněmi, čímž je krev vypuzována do tepen a dále to těla. V srdci raka proudí pouze okysličená krev. Jelikož chybí červené krevní barvivo, krev je bezbarvá (Štambergová et al., 2009, Kozák et al., 2013).

Ze sedmi článků je složen zadeček raka. Poslední článek je změněn v ocasní ploutvičku, která je sestavena z pěti článků. Na okraji těchto článků jsou jemné brvy. Nohy šestého zadečkového článku se nazývají uropody, jsou lupínkovité a ploché. Na spodní straně středního článku zvaného telson se nachází řitní otvor. Články zadečku jsou propojeny tenkou kůží, což zajišťuje dobrou pohyblivost této části těla (Dubský et al., 2003). Přední část hlavohruď je vyplněna rozměrným žaludkem. Krátký jícen spojuje ústní otvor s dutinou žaludku. Střevo netvoří žádné kličky a vychází ze zadní části žaludku přímočaře celým zadečkem a končí v řitním otvoru. Mezi žaludkem a srdcem se nacházejí rozsáhlá játra, která jsou rozdělena do několika laloků. Jaterní sekrety jsou důležité pro trávení potravy. Ledviny jsou umístěny v dutině hlavohruď, mají nazelenalou barvu a jejich vývody ústí u článku druhého páru tykadel (Dubský et al., 2003, Kozák et al., 2013).

Blízko srdce se nacházejí pohlavní orgány. Samičí pohlavní orgány zvané vaječníky mají vakovitý tvar a jsou hnědé barvy. Vejcovody ústí při kořeni třetího páru noh. Samčí pohlavní orgány jsou složité a mají podobu bělavého klubíčka, které se před reprodukcí zvětšují. Pohlavní buňky, které produkuje samec na povrch těla chámovody, ústí při kořeni pátého páru nohou. Při určování pohlaví raků můžeme také věnovat pozornost tomu, že první dva páry pleopodů směřují u samců dopředu, kdežto u samic směřují všechny dozadu. Raci jsou schopni regenerace, což znamená, že jim dokáží dorůst ztracené končetiny. I když nahrazená část postupně roste a během každého svlékání se zvětšuje, často nedosahuje původní velikosti (Dubský et al., 2003).

### 3.3 Potrava

Raci konzumují potravu rostlinného i živočišného původu. Mohou být predátoři, herbivoři a také detritovoři. Výběr jejich potravy závisí na ročním období, věku raka a fyziologickém stavu. Rozbor žaludku raka v letních měsících obsahoval více stravy živočišného původu, než

v jarních měsících, kdy je strava raka převážně rostlinného původu. Mladí raci se živí především nárosty řas na rostlinách, kamenech či kmenech, které jsou ve vodě, a také loví zooplankton. Raci, kteří dosáhnou velikosti těla okolo 4 cm, se začnou více živit ponořenými makrofyty vodní mor (*Elodea sp.*), růžkatec (*Ceratophyllum sp.*). Aktivně také loví zooplankton a larvy vodního hmyzu, žížaly, drobné koryše či pulce obojživelníků či ryb (Dubský et al., 2003, Štambergová et al., 2009).

### 3.4 Predátoři raků

Raci čelí ohrožení od mnoha vodních i suchozemských živočichů. Nejvíce však v období svlékání, kdy ještě nemají zpevněný krunýř, a také v období dospívání jedince. Kromě kanibalismu mezi samotnými raky jsou mezi predátory juvenilních raků i larvy vodních brouků, larvy vážek a šídel. Obratlovci (ryby, ptáci, savci) rovněž loví raky jako svou potravu. Mezi rybími predátory to jsou zejména pstruh obecný (*Salmo trutta*), pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), úhoř říční (*Anguilla anguilla*), parma obecná (*Barbus barbus*), sumec velký (*Silurus glanis*), lín obecný (*Tinca tinca*) a kapr obecný (*Cyprinus carpio*). Mezi ptáky, kteří konzumují raky, patří volavka popelavá (*Ardea cinerea*), ledňáček říční (*Alcedo atthis*) nebo čáp bílý (*Ciconia ciconia*). Mezi savce spadá zejména norek americký (*Mustela vison*), vydra říční (*Lutra lutra*), liška obecná (*Vulpes vulpes*) či ondatra pižmová (*Ondatra zibethicus*) (Štambergová et al., 2009).

### 3.5 Rozmnožování a vývoj raků

Během období páření je charakteristická zvýšená aktivita, kdy dospělí raci aktivně hledají svého partnera. Raci v České republice pohlavně dozrávají v pozdním létě, a proto k páření dochází na podzim. Přesto je období rozmnožování ovlivněno teplotou vody. Během kopulace adultní samec otočí samici na záda a drží ji klepety, aby byli oba jedinci natočení břišní stranou těla k sobě. Při páření samec vypudí zralé spermatofoxy ze svých pohlavních cest na bázi 5. páru pereopodů a následně je pomocí gonopodů připojí samičce blízko vývodu jejich pohlavních cest (Dubský et al., 2003). Vajíčka jsou kladena z pohlavních cest na bázi 3. páru pleopodů. Interval mezi ovulací a pářením je variabilní. Oplodnění u raků probíhá vně těla. Samice před ovulací čistí spodní část svého těla, zejména pleopody. Obvykle kladení vajíček probíhá v noci a trvá přibližně 2-3 hodiny. Samice si vytvoří ze svého těla téměř uzavřenou dutinu, stažením zadní části abdomenu dolů k přední části těla, do které klade svá vajíčka. Zároveň probíhá vylučování tekutiny ze slizových žláz umístěných na ventrální straně abdomenu. Vajíčka, která samice vypudila, se míchají s tímto sekretem pomocí pohybů

abdomenu a pleopodů. Spermatofoxy rozpouští své ochranné obaly a následuje oplození vajíček, ty jsou poté přichyceny na pleopodech samice (Obr. 2). Vývoj vajíček na pleopodech samice probíhá v průběhu celého zimního intervalu až do jara dalšího roku (Kozák et al., 2013). Délka vývoje se může lišit u jednotlivých druhů raků a také je výrazně ovlivněna teplotou vody. Po naklazení vajíček je velké riziko jejich ztráty, hlavní důvod bývá jejich špatné uchycení. Samice ochraňuje svá vajíčka před predátory. Také je pečlivě čistí a odstraňuje odumřelá vajíčka. Samci a samice bez snůšky mohou projevovat kanibalistické chování a požívat vajíčka jiných samic, avšak samice svá vlastní vajíčka nekonzumují. Ráčata se líhnou na konci dubna a někdy také v květnu v závislosti na teplotě vody (Dubský et al., 2003, Kozák et al., 2013).

Klasifikace fáze embryonálního vývoje vychází z pozorování externích morfologických znaků. Nejvýznamnější klasifikaci embryonálního vývoje dosáhl Zehndera (1934), který vývoj zárodků rozdělil do 15 stádií:

- I. Oplozené vajíčko
- II. Začátek buněčného dělení – rýhování
- III. Blastula
- IV. Embryo se zárodečným terčíkem
- V. Embryo s polokruhovitými žaludečními brázdami
- VI. Embryo s kruhovou žaludeční brázdou
- VII. Embryo s prvoústou
- VIII. Embryo s mandibulárními základy
- IX. Embryo s naupliovými končetinami
- X. Embryo s čelistmi
- XI. Embryo s končetinami
- XII. Embryo s pulzujícím srdcem
- XIII. Embryo s vývinem očního pigmentu
- XIV. Embryo s vývinem jaterních laloků
- XV. Vylíhnuté embryo – I. Vývojové stádium ráčete



Obr. 2. Samice raka kamenáče s vajíčky na pleopodech (Štambergová et al., 2009, s. 20).

V průběhu embryonálního vývoje lze podle Reynoldse (2002) identifikovat tři etapy, kdy každá etapa obsahuje určité stádium:

1. Etapa: embryonální vývoj před diapauzou (I. – III. stádium)
2. Etapa: období diapauzy (které je charakterizováno poklesem teploty vody a zastavením embryonálního vývoje) – trvající po celou dobu stadia IV.
3. Etapa: embryonální vývoj po období diapauzy (V. – XV. stádium)

Diapauza je stav, kdy se zastaví nebo zpomalí embryonální vývoj, což je nezbytné pro vývoj většího počtu zárodků a pro vyšší šance na přežití vylíhnutých ráčat. Tento stav začíná, když se sníží teplota vody (<math><5-6\text{ }^{\circ}\text{C}</math>). U raků dochází k přímému vývoji bez larválního stadia. Když se roztrhne obal s vajíčkem, dochází tak k líhnutí ráčat. I po vylíhnutí zůstávají připojeni stopkou na pleopodech samice (Dubský et al., 2003). Během prvních dnů se jedinci skrývají pod ocasem matky až do prvního nebo druhého svlékání, které přichází po 10-14 dnech. V prvním vývojovém stádiu, které je nepohyblivé, se raci vyživují ze žloutkového vaku. Také nemají vyvinuty uropody a telson je bez štětín. Poté přichází osamostatňování a raci hledají úkryt před predátory. I během tohoto období dochází k vysokým ztrátám raků způsobeným dravci, především rybami a ptáky. Ve druhém vývojovém stádiu je rak již nezávislý na samici (Dubský et al., 2003, Kozák et al., 2013).

### 3.6 Růst a svlékání

Pro růst raků je charakteristické střídání období svlékání a období mezi svlékáním. Fyziologický růst je nepřetržitý, avšak nárůst hmotnosti a délky těla probíhá pouze v období po svlékání. Přírůstek mezi jednotlivým svlékáním se mění, stejně jako počet svlékání je ovlivněn různými faktory, včetně abiotických faktorů, jako je teplota a chemismus vody, a biotických faktorů jako je hustota populace, predace a potrava. Obecně platí, že s postupujícím věkem se rychlost růstu snižuje (Kozák et al., 2013). Krunýř raka umožňuje dosáhnout jen určité velikosti těla mezi jednotlivými svlékáními. Jakmile je krunýř velikostně nedostatečný ve srovnání s velikostí těla raka, nastává proces svlékání tzv. ekdyze. Proces svlékání patří mezi nejdůležitější životní cykly raků. Raci stráví podstatnou část života buď přípravou, nebo zotavením se ze svlékání. Ekdyze je proces, u kterého nastávají významné fyziologické, anatomické a biomechanické změny. Je to období spojené s velkým rizikem ať už omezeným příjmem stravy, selháním samotného procesu svlékání nebo predací (Reynolds, 2002). Během celého procesu výměny krunýře hraje hlavní roli endokrinní soustava. Tato soustava ovlivňuje jak vnitřní faktory (výživa, zdravotní stav), tak vnější faktory (teplota, chemické složení vody). Výměna krunýře je vyvolaná fyziologickými změnami, které jsou ovládány hormony produkovanými X-orgánem spolu se sinusovou žlázou a Y-orgánem. Y-orgán je párový orgán, který je uložený za jícnem a mandibulárním orgánem. Y-orgán je zakryt dorsoventrálním svalem a obsahuje typické buňky produkující steroidy s výrazným množstvím mitochondrií a sekrečních váček. Také vytváří hormon ekdyzon a jeho deriváty, patřící mezi steroidy a ovlivňují somatický růst a regeneraci těla (Kozák et al., 2013). U dospělých raků v přírodních podmínkách probíhá svlékání v synchronizaci, slouží to jako ochrana před vzájemným kanibalismem. U raka říčního trvá příprava ke svlékání krunýře 20-25 dnů. Během tohoto období raci omezují svůj příjem potravy, jsou méně pohybliví a více se ukrývají (Reynolds, 2002, Kozák et al., 2013).

Ekdyze je identická jak u dospělých raků, tak u juvenilních stádií. Lze ji rozdělit na čtyři základní fáze (Reynolds, 2002):

1. Preecdysis – příprava k výměně krunýře
2. Ecdysis – samotná výměna krunýře
3. Postecdysis – období po svlečení krunýře
4. Interecdysis – interval mezi výměnami krunýře



## 4. Invazivní druhy raků v ČR

### 4.1 Rak bahenní (*Astacus leptodactylus*)

Kozák et al. (2013) tvrdí, že tento druh raka se dožívá více než deseti let. Velikost tohoto raka je průměrně 15 cm. Rak bahenní (Obr. 3) má široké a ploché tělo, které je vhodné pro život v bahenních a mokřadních prostředích. Masivní trnitý krunýř kryje jeho hlavohruď. Trny se nacházejí před týlním švem i za ním. Oči jsou dobře vyvinuté a umístěné na hlavě na stopkách, za nimi můžeme najít dva páry postorbitálních lišt. Na hlavohruďi se také nachází ústní otvor, dlouhá tykadla sloužící jako hmatový orgán, a krátká tykadla, na kterých jsou umístěny čichové buňky. Zadní část hlavohruďi je delší než širší. Rostrum je dlouhé a zakončené úzkou špičkou. Zbarvení je velmi nestálé, může mít odstíny hnědé až zelené, což jim umožňuje maskovat se v jejich přirozeném prostředí (Dubský et al. 2003, Štambergová et al., 2009).



Obr. 3. Samice raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) (Štambergová et al., 2009, s. 64).

Rak bahenní má pět párů nohou. První pár nohou je přeměněn v klepeta (chelipedy), která slouží k obraně a manipulaci s potravou. Ostatní páry nohou jsou adaptované na pohyb ve vodním prostředí. Chelipedy raka bahenního (Obr. 4) jsou silně vyvinuté, dlouhé a úzké. Na povrchu po obou stranách mají hrbolky. Spodní strana klepet má světle žluté zbarvení, zatímco horní strana klepet má shodnou barvu s krunýřem (Kozák et al., 2009).



Obr. 4. Zleva svrchní část klepeta, spodní část klepeta raka bahenního (Kozák et al., 2009, s. 12).

#### 4.1.1 Životní cyklus

Rak bahenní pohlavně dospívá až ve třetím roce života. K páření dochází v období od října do prosince. Plodnost tohoto druhu je vysoká. Samice klade 200-400 vajíček, avšak Štambergová et al. (2009) tvrdí, že se našly samičky, které kladly 600-700 vajíček. Jejich krunýř je přizpůsobený tak, aby samice mohly nosit pod ocasem vajíčka. V jižních oblastech samičky nesou svá vajíčka 5-6 měsíců na rozdíl od severní oblasti, kde je nosí 6-8 měsíců. Líhnutí probíhá od května do června. Tito raci jsou velmi citliví na račí mor (Patoka, 2008).

#### 4.1.2 Biologie a ekologie

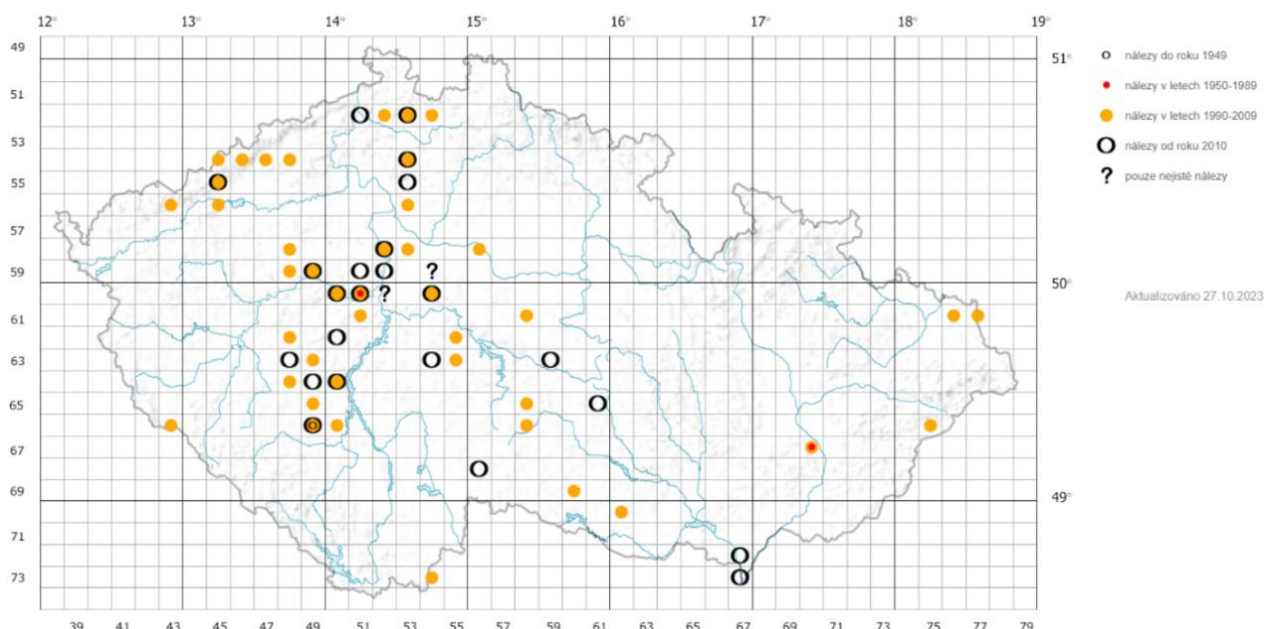
Štambergová et al. (2009) zmiňuje, že se rak bahenní nepotřebuje ve vodě ukrývat v hrázích, ale žije na povrchu bahna na rozdíl od raka říčního. Rak bahenní vyhledává stojaté a pomalu tekoucí vody. Optimální teplota vody je 16 až 26 °C, ačkoli je schopen snést rozsáhlé rozpětí teplot (4-32 °C). Tento druh raka je středně náročný na kvalitu vody a na rozdíl od raka říčního a raka kamenáče mu vyhovují také bahnitě oblasti (Dubský et al., 2003).

### 4.1.3 Rozšíření v ČR

Rak bahenní byl v roce 1892 dovezen z Haliče (pomezí Polska a Ukrajiny) do rybníků na Mladoboleslavsku, Lounsku, Blatensku a Chlumecku. Dubský et al. (2003) píše, že tento druh raka v ČR není původní, přesto je u nás zákonem chráněný a přispívá to k mylné domněnce, že se jedná náš původní druh.

V roce 1932 Státní rybářská škola vysázela raky do pokusných rybníků. Hojný výskyt v té době byl uveden na Příbramsku poblíž Drahenic a na Mladoboleslavsku u obce Charvatce. V letech 1985-1990 byl rak bahenní zaznamenán v České republice pouze na 18 % území, z 500 nahlášených lokalit. V roce 2000 se v Čechách povedlo potvrdit *Astacus leptodactylus* na těchto místech: Račí lom a lom Hromada u Kozákovic, lomy Řečice a Mačkov u Blatné, lom Velká Amerika u obce Mořina atd., raky se také podařilo najít v rybnících: Velká Kuš, Labuť u Blatné (Obr. 5). Na Moravě byl výskyt raků potvrzen na Karvinsku v zatopených poklesech (Mlíkovský a Stýblo, 2006).

Podle Štambergové et al. (2009) v 60. let 20. století se v jedné z lokalit (kaliště Pilňok), kde raci žili, vyskytla extrémně znečištěná voda s minerálními látkami, kdy neprůhlednost přesahovala 20 cm. Voda byla hodnocena jako nejhorší V. třídou jakosti, ale i přes takto znečištěnou vodu zde byla zachována velká populace těchto raků v roce 2000.



Obr. 5. Výskyt raka bahenního v ČR (AOPK ČR, Citováno 27. 10. 2023)



## 4.2 Rak signální (*Pacifastacus leniusculus*)

Rak signální má hladký povrch hlavohrudního krunýře bez trnů, a to platí i pro jeho klepeta. Hlavohruď je mohutná se dvěma postorbitálními lištami. Zbarvení se může objevit od světlé hnědé až po tmavě modrou barvu (Obr. 6). Rostrum je relativně dlouhé a na konci je ostře špičaté. Má dobře vyvinuté oči, které jsou umístěny na stvolech nad hlavou. Tento druh obývá sladkovodní prostředí, jako jsou řeky, jezera a potoky. Může významně ovlivnit ostatní vodní organismy a jejich přirozené prostředí. Představuje vysoké riziko pro původní druhy raků (Holdich et al., 2006, Pöckl et al., 2006).



Obr. 6. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) (Štambergová et al., 2009, s. 72).

Kozák et al. (2013) zaznamenává, že tento rak se řadí mezi největší druhy raků v České republice. Rak signální má robustní, silná a relativně hladká klepeta. Chelipedy samců jsou výraznější než u samic. Na spodní straně jejich klepet najdeme výrazně červené zbarvení (Obr. 7). Na spojení pevného a pohyblivého prstu klepet se typicky objevuje výrazná bílá či namodralá skvrna na svrchní straně, známá jako „signální skvrna“. Samec dosahuje délky 16 cm, přičemž samice bývá o něco menší, a to 12 cm. Ojediněle se vyskytují jedinci s ještě většími rozměry. Mladé nebo dospělé jedince tohoto druhu lze jednoduše zaměnit s rakem říčním, avšak lze je snadno rozlišit díky zcela hladkému povrchu klepeta a karapaxu (Štambergová et al., 2009).



Obr. 7. Zleva svrchní část klepeta, spodní část klepeta raka signálního (Kozák et al., 2009, s.14).

#### 4.2.1 Životní cyklus

Rak signální vykazuje agresivní chování a rychle roste. Je odolný vůči račímu moru a může jej přenášet. Samec je od samice rozlišitelný díky gonopodům, což je upravený první a druhý pár pleopodů. K páření a kladení vajíček dochází během podzimu, převážně v říjnu. Samice je schopna klást velké množství vajíček, jejich počet se pohybuje v rozmezí od 200 do 500. Mladí rakové se líhnou v období mezi květnem a červencem. Dosahují pohlavní dospělosti ve věku 2 až 3 let při dosažení celkové délky v rozmezí 6 až 9 cm. Pravděpodobně může dosáhnout věku až 20 let (Kozák et al., 2009, Štambergová et al., 2009).

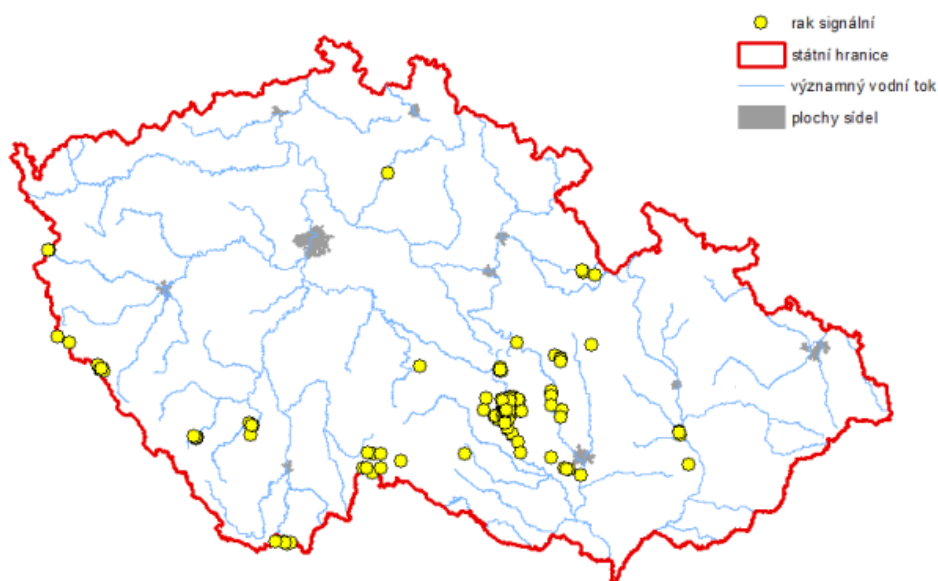
#### 4.2.2 Biologie a ekologie

Pöckl et al. (2006) tvrdí, že tento druh raka vyniká v toleranci vůči nepříznivým podmínkám prostředí, především v brakické vodě, a projevuje odolnost vůči vysokým teplotám. Jeho životní prostředí vyžaduje poměrně vysoký obsah kyslíku, nesnáší vody s pH nižším než 6. Dále je schopen přežít delší dobu bez přístupu k vodě. Rak signální opakovaně zakládá své nory v březích vodních nádrží a toků. V tekoucích vodách se výrazně podílí na erozi břehů. Jeho chování zahrnuje migraci jak proti proudu, tak i ve směru proudu s tím, že toky jsou obývány poměrně málo. Rak signální migroval ze Severní Ameriky, kde se vyskytoval v různých typech biotopů, od malých potoků až po velké jezera a řeky. Tento druh raka je aktivní jak dne, tak i v noci stejně jako rak pruhovaný. Nedávno bylo dokázáno, že během

období rozmnožování samice uvolňují pohlavní feromon, který probouzí sexuální chování u samců (Souty-Grosset et al. 2006, Kozák et al., 2013).

#### 4.2.3 Rozšíření v ČR

V roce 1980 bylo do České republiky přivezeno 1 000 mlád'at raků ze Švédska za účelem tržní produkce. Cílovými lokalitami se staly rybníky Spustík u Velkého Meziříčí, rybník Skříňka u Velké Bíteše a rybník v obci Čáslavice (Dubský et al., 2003). Místa, kde byli raci poprvé vysázeni, se ale liší podle autorů. Holzer (1987) uvádí, že raci byli nasazeni v okolí Hradce Králové. *Pacifastacus leniusculus* se z uvedených lokalit úspěšně etabloval v rybníce Spustík, kde byl následně odchycen a přemístěn také na další místa v České republice. Výskyt tohoto druhu je v současné době potvrzen také v okolí Litomyšle, Kroměříže a Brna (Obr. 8). V průběhu celorepublikového mapování byla v roce 2004 zjištěna další lokalita na jižní Moravě, přesněji u potoka Bobrava. Poslední nové naleziště bylo zaregistrováno na řece Moravě. Výrazná populace se také objevila ve východních Čechách v Divoké Orlici (Svobodová et al., 2020).



© VÚV TGM, v. v. i. z dat AOPK, VÚV TGM, v. v. i. a dat získaných od studentů vysokých škol

Obr. 8. Výskyt raka signálního v České republice (Svobodová et al., 2020, s. 19).



### 4.3 Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*)

Rak pruhovaný má hlavohruď, která je na povrchu relativně hladká a úzká. Ovšem po stranách v oblasti týlního švu se nacházejí nápadné ostré trny. V čele hlavohruďi se vyskytuje jeden pár dlouhých postorbitálních lišt, které jsou ostře ohraničeny a značně vystouplé. Rostum je značně dlouhý a na konci ostře zakončený. Tento druh raka je převážně zbarven do tmavě hnědé až olivově zelené barvy (Obr. 9). Na člancích zadečku jsou příčné pruhy červené až hnědočervené barvy. Při určování tohoto druhu je důležité být pozorný na jedince pokryté řasami nebo nánosem špíny. Pigmentace raka může být ovlivněna také prostředím, ve kterém žije. Spodní část těla je světle žluté barvy (Kozák et al., 2013, Štambergová et al., 2009).



Obr. 9. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) (Štambergová et al., 2009, s. 82).

Klepeta tohoto raka jsou poměrně malá s oranžovými špičkami obklopenými tmavým proužkem (Obr. 10). Na spodní straně mají světlé zbarvení. Svrchní strana klepet má stejné zbarvení jak zbytek těla. Na končetině, kde se nachází klepeto, jsou na vnitřní straně dvou článků výrazné trny. Na bázi 3. páru pereopodů mají samci nápadný zahnutý výrůstek sloužící k uchycení samice při kopulaci (Štambergová et al., 2009).



Obr. 10. Zleva svrchní část klepeta raka pruhovaného, spodní část klepeta (Kozák et al., 2009, s. 16)

#### 4.3.1 Životní cyklus

Tento druh raka se páří ve dvou obdobích, a to na podzim a na jaře. Někteří autoři zmiňují, že pokud jsou příznivé zimní teploty (minimálně 7 °C), tak také v zimě. Plodnost tohoto druhu raka je v rozmezí 100-400 vajíček. Samice nese vajíčka v období od března do května. To zahrnuje jednu z výhod oproti původním druhům, jelikož naši původní raci nosí vajíčka celou zimu, což vede k velkým ztrátám. Ráčata se vylíhnou v období od června do července. Reprodukční zralosti dosahují ve druhém roce života o velikosti kolem 4-5 cm (Kozák, 2009, Souty-Grosset et al., 2006).

Kozák et al. (2013) uvádí, že samice tohoto druhu raků mají kompetenci produkovat potomstvo bez zapojení samců tzv. fakultativní partenogeneze. Rak pruhovaný je jediný z řádu desetinožců, kdo disponuje takovým stylem rozmnožování.

#### 4.3.2 Biologie a ekologie

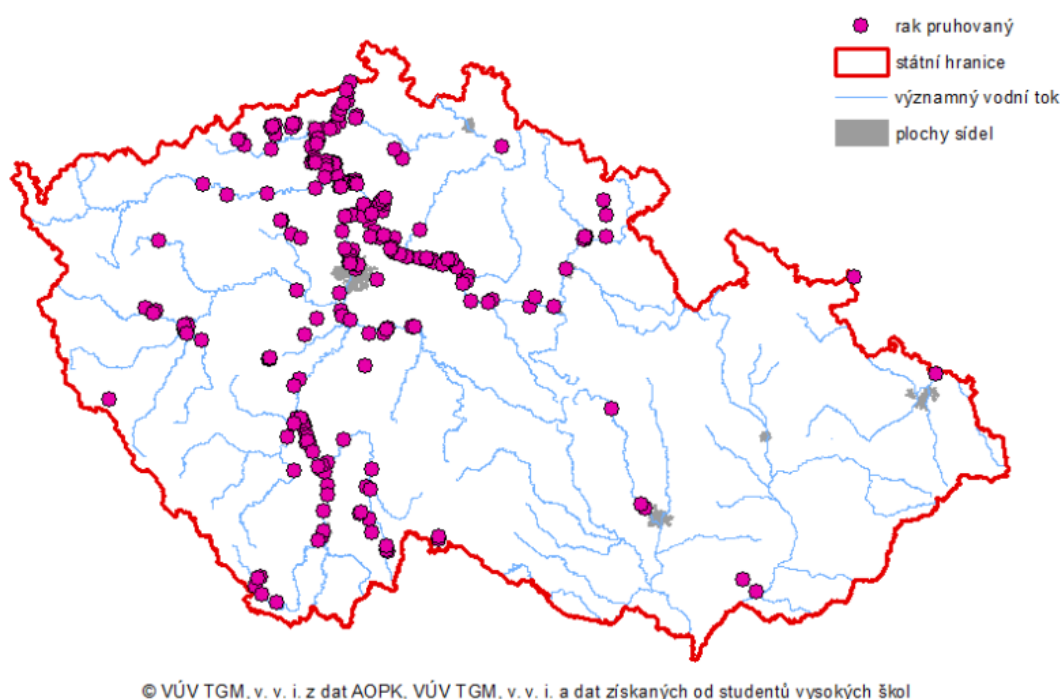
Rak pruhovaný má schopnost přizpůsobit se na život v tekoucích i stojatých vodách. Tento druh raka vyhledává řeky, které jsou regulované, nemeandrující a s pomalu tekoucí vodou. Podle Kozáka (2009) je možné, že osídlí i chladnější a rychleji proudící toky. Nejvhodnější teplota vody je kolem 20 °C, což je vyšší než u raka křemenáče a raka říčního. Na břehu řeky jsou volně rozložené kameny, které slouží k úkrytu těchto desetinožců. Je prokázáno, že tyto raci si umí vybudovat rozsáhlé nory. Velmi dobře odolává změnám prostředí a znečištění, hlavně zvýšené teplotě a redukované koncentraci kyslíku ve vodě. Také dokáže přežít vyschnutí



lokality na několik týdnů. Tento rak je krátkověký druh, jelikož se dožívá maximálně tři až pěti let a roste do celkové délky 12 cm. Rovněž i tento druh raka je přenašečem račího moru, který je pro naše původní raky smrtelný (Souty-Grosset et al., 2006, Svobodová et al., 2020).

#### 4.3.3 Rozšíření v ČR

V roce 1988 byl poprvé zachycen *Orconectes limosus* u Ústí nad Labem (Hajer, 1989). Petroušek et al. (2006) zase uvádí, že tento druh v ČR přebýval v 60. letech 20. století v okolí Štětí. Patrně se na naše území dostal přirozenou migrací proti proudu Labe z Německa. Tento druh se šířil dál po Labi, a jak je vidět na obrázku č. 11, povodí celé řeky představuje klíčové centrum rozšíření těchto raků. Aktuálně se vyskytuje od Hřenska po Pardubice souvisle. Výskyt raka pruhovaného byl potvrzen také v řekách Ohři, Vltavě, Mrlině, Jizeře, Doubravě a Cidlině. Tento druh můžeme najít také v drobnějších vodotečích, kde se udržuje spíše při ústí a zjevně neproniká daleko proti proudu. Úmyslně bývá vysazován do rybníků, pískoven a zatopených lomů s největší pravděpodobností rybáři nebo potápěči. V roce 2006 byl rak nalezen v povodí Odry na hranici s Polskem. Jedná se o první ověřený výskyt tohoto raka na severní Moravě. Ve stejném roce byl druh zjištěn také v údolní nádrži Lipno (Štambergová et al., 2009).



Obr. 11. Výskyt raka pruhovaného v ČR (Svobodová, 2020, s. 22)

#### 4.4 Rak mramorovaný (*Procambarus virginalis*)

Rak mramorovaný má krunýř zbarven do tmavě hnědé nebo zelené barvy. Na jeho těle můžeme vidět mramorování, které je pro něj charakteristické a nachází se především na bocích a hlavohrudí (Obr. 12). Na základě toho zbarvení je také odvozen název tohoto raka. Hlavohruď (carapax) je hladká a za očima se nachází jeden pár postorbitálních lišt. Rostum vyniká a jeho vyhlazené okraje se spojují a vytvářejí malý trojúhelníkový vrcholek. Uprostřed rosta chybí střední rýha. Po bocích hlavy se nachází jeden pár trnů. Tento druh raka standardně dorůstá 8 až 10 cm, existují také výjimky, kdy dosahoval až 13 cm. I přesto ho řadíme mezi menší raky. *Procambarus virginalis* se dožívá průměrně dvou let. Pouze 10 % jedinců tohoto druhu se dožije více než tří let a nejdéle žijící jedinec se dožil 4,5 let (Kozák et al., 2009, Svobodová et al., 2020, Kozák et al., 2013).



Obr. 12. Rak mramorovaný (*Procambarus virginalis*) (Kozák et al., 2009, s. 20).

Holdich et al (2006) uvádí, že klepeta jsou drobná a na povrchu lehce zrnitá. Na svrchní i spodní straně chybí znak mramorování. Spodní strana klepet se barví do oranžové nebo šedomodré barvy (Obr. 13). Na vnitřní straně zápěstí klepet se nachází trn.



Obr. 13. Zleva svrchní část klepeta, spodní část klepeta raka mramorovaného (Kozák et al., 2009, s. 20).

#### 4.4.1 Životní cyklus

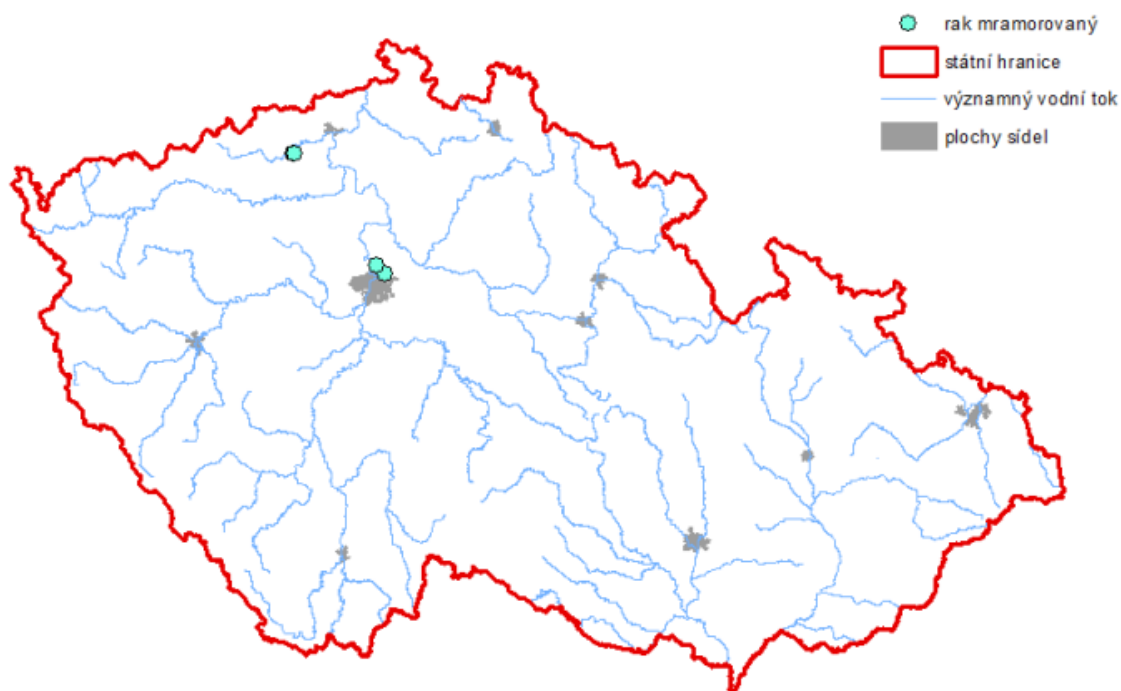
Tento druh raka je znám díky způsobu rozmnožování. Reprodukují se pomocí partenogeneze, bez účasti samců, kdy se z neoplozeného vajíčka líhnou pouze samice. Potomci jednotlivých samic jsou geneticky shodné. Pohlavní dospívání samic je závislé na teplotě, dospívají při teplotě okolo 20-25 °C ve 25. – 35. týdnu života. Jejich celková délka při pohlavním dospívání činí přibližně 4 cm. V optimálních podmínkách se rozmnožují několikrát v roce s krátkým odstupem 8-9 týdnů. Větší samice v přirozeném prostředí mají okolo 500-700 vajíček. Pokud se raci chovají v laboratorních podmínkách, mohou produkovat okolo 150-400 vajíček. Inkubační doba je poměrně krátká, trvá 2-3 týdny. Vajíčka těchto raků jsou drobná. Ráčata jsou po dvou svlékáních uchycena na samičích pleopodech. Tehdy dochází k osamostatňování rácat (Martin et al., 2007, Holdich et al., 2006, Kozák et al., 2013).

#### 4.4.2 Biologie a ekologie

Holdich et al. (2006) uvádí, že rak mramorovaný je odolný vůči teplotám a vydrží mnoho týdnů v nepříznivých podmínkách. Spodní hranice teploty je 8 °C a horní hranice je 30 °C. Přečkává také zimní období, kdy nádrž je zmrzlá. Tento druh raka je velmi tolerantní a přizpůsobivý. Raka mramorovaného lze chovat i v akváriích, což potvrzuje jeho nenáročnost.

#### 4.4.3 Rozšíření v ČR

Rak mramorovaný byl poprvé na našem území objeven v roce 2015 v rybníku na pražském Proseku (Obr. 14). V roce 2016 byl zaznamenán další nález u Bíliny v severních Čechách. S největší pravděpodobností zde tento druh raka vypustili místní akvaristé. Během roku 2019 byl rak nalezen ve volné přírodě na území spravovaném Severočeskými doly. V roce 2020 se objevila další hojná populace tohoto druhu v Dolních Chabrech. Během čtyř dnů se podle Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G. Masaryka (VÚV) a AOPK ČR podařilo chytit téměř 400 raků mramorovaných o velikosti od 2-13 cm. Dno rybníka bylo poté vysypáno vápnem, což by mělo zbývající raky eliminovat. Při naplnění rybníka byly vypuštěny také dravé ryby, které jsou způsobitelné drobné jedince raka zlikvidovat (Patoka et al. 2016, Svobodová et al., 2020).



© VÚV TGM, v. v. i. z dat AOPK, VÚV TGM, v. v. i. a dat získaných od studentů vysokých škol

Obr. 14. Rozšíření raka mramorovaného v České republice (Svobodová et al., 2020, s. 25).

## 5. Původní druhy raků v ČR

### 5.1 Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*)

Rak kamenáč má jemně zrnitý hlavohrudní krunýř, který je bez výrazných trnů (Obr. 15). Pilovitý vzhled má spodní (ventrální) okraj antenální šupiny, na němž se vyskytuje řada trnů. Tento rak je charakteristický tím, že má jen jeden pár postorbitálních lišt za očima. Tyto lišty jsou nízké a směrem k dolní části těla (ocas) postupně mizí. Rostum je krátké, tupé a jeho špička je přirovnávaná k tvaru rovnoramenného trojúhelníku (Štambergová et al., 2009) Zbarvení raka kamenáče je velmi proměnlivé a může mít různé odstíny hnědé, béžové, olivově zelené a ojediněle také oranžové. Spodní část těla má vždy světlejší. Hmotnost dospělých samců dosahuje až 55 g a délka těla činí až 12 cm. Většinou je však celková délka těla samců 8-10 cm. Samice jsou ještě menšího vzrůstu, a to s délkou od 6-9 cm. Tento druh raka je považován za nejmenšího a nejpomaleji rostoucího evropského raka. Dosahuje věku více než 10 let (Štambergová et al., 2009, Souty-Grosset et al. 2006).



Obr. 15. Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) (Kozák et al., 2013, s. 89).

Klepeta raka kamenáče (Obr. 16) jsou výrazné, robustní a silné. Klepeta jsou na svrchní straně silně hrbolkatá a na vnitřní straně obou prstů mají výrazné a velké zuby. Barva klepet je na svrchní straně stejná jako zbytek těla, kdežto spodní část je světle béžová, narůžovělá či světle žlutá. Klepeta raka kamenáče nikdy nemají červenou barvu, jako má například rak signální. Světle červenou barvu můžeme najít na kloubu klepet (Holdich et al., 2006).





Obr. 16. Zleva svrchní část klepeta, spodní část klepeta raka kamenáče (Kozák et al., 2013, s. 89).

### 5.1.1 Životní cyklus

Štambergová et al. (2009) tvrdí, že jedinci dosahují pohlavní dospělosti okolo 2 až 4 let, kdy jedinec nabývá celkové délky těla 3,5 až 5 cm. Kozák et al. (2013) zase uvádí, že samice a samci tohoto druhu raka jsou pohlavně zralými obvykle ve 3 letech, při celkové délce těla 5,9-6,9 cm. Za podmínky, že je lokalita velmi chladná může jedinec dospět až v 5. roce života. Plodnost tohoto druhu se pohybuje okolo 40-70 vajíček podle velikosti samice. U některých samic bylo zaznamenáno i 125 vajíček. Rak kamenáč produkuje relativně nízký počet vajíček ve srovnání s ostatními druhy. To je podmíněno nejen malým rozměrem tohoto raka, ale také tím, že jeho vajíčka jsou relativně velká, obvykle v rozmezí 0,24-0,34 cm. Tito raci se páří na podzim, obvykle koncem října až začátkem listopadu. Samci připevňují bílé trubičkovité spermatofoxy k párovým pohlavním otvorům na kyčlích 3. páru hrudních nohou samic. Samice následně umísťuje vajíčka na spodní části zadečku. Líhnutí ráčat probíhá od května do poloviny července. Ráčata po vylíhnutí váží cirká 20 mg. Po týdnu se svlékají do dalšího (druhého) vývojového stádia, kde začínají projevovat samostatnost a sama přijímají potravu. Tento druh raka je v prvním roce porovnatelný v rychlosti růstu s rakem říčním, postupně však jeho růst zaostává (Souty-Grosset et al., 2006).

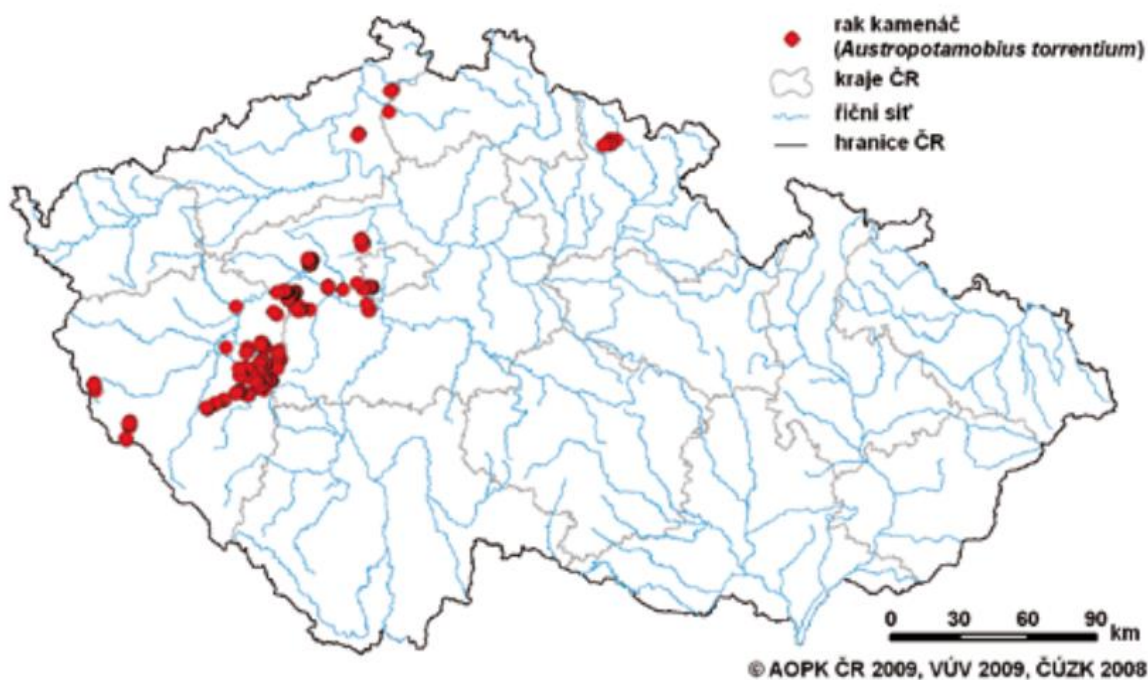
### 5.1.2 Biologie a ekologie

Raka kamenáče můžeme najít v horních částech kamenitých a neregulovaných toků, kde mají možnost přirozeného úkrytu. Vyhýbá se bahnitým sedimentům a občas si tvoří nory v jílových březích. I přesto, že je rak kamenáč tradičně považován za indikátor čistých kamenitých toků, v extrémních případech se může vyskytovat i ve vodách silně znečištěných komunálními odpady. Příklad takové toku může být Zákolanský potok s přítoky. Raci jsou nejčastěji nalezeni v tůních a klidných částech toku, kdežto v proudu se nacházejí ojediněle. V České republice jsou osídleny toky o šířce 40 cm až 800 cm a v nadmořské výšce od 380-630 m. Optimální letní teplota vody je v rozmezí od 14 do 18 °C. Za hraniční je považována teplota vody 23 °C. Pro okolí vodních toků jsou typické listnaté nebo smíšené lesy, mohou se vyskytovat i pásy vrb a keřů (Holdich et al., 2006, Kozák et al., 2013).

### 5.1.3 Rozšíření v ČR

Tento druh raka je naším původním a je podle zákona o ochraně krajiny a přírody (zákon č. 114/1992 Sb.) a jeho vyhlášky č. 395/1992 kriticky ohroženým druhem. Jakákoliv manipulace, přemísťování nebo jiný zásah do jejich prostředí, musí být provedena pouze s povolením Ministerstva životního prostředí ČR (Dubský et al., 2003).

Ještě před nedávnem byl tento druh považován za vyhynulý, jeho výskyt byl potvrzen pouze na čtyřech lokalitách v České republice. S rostoucím zájmem o tyto raky přibylo v roce 2000-2003 17 lokalit, jedná se především o povodí Úslavy, Radbuzy, Úhlavy, Střely, Berounky a Klabavy. Centrum výskytu raka kamenáče se nachází ve středních a západních Čechách (Obr. 17). Další lokality jsou doloženy na území CHKO České středohoří, Domažlicka a Podkrkonoší. Často je v literatuře zmiňován výskyt v oblasti Orlických hor a Šumavy, tyto výskyty nejsou podloženy důkazy, nebo se jedná o nesprávné určení tohoto druhu raka. Na Moravě se tento druh také zatím nepotvrdil. Na území ČR je v současnosti zaznamenáno 45 lokalit tohoto druhu (Štambergová et al., 2009).



Obr. 17. Rozšíření raka kamenáře v ČR (Štambergová et al., 2009, s. 49).

## 5.2 Rak říční (*Astacus astacus*)

Rak říční má mohutné svalnaté tělo s jemnými trny (Obr. 18). Jeho tělo je obvykle zbarvené do středně až tmavě hnědé barvy, avšak zbarvení nelze považovat za determinující znak. Je prokázáno, že tento druh raka je schopen měnit barvu svého těla podle okolí. Dle Krupauera (1982) někteří svlečení raci mohou mít krunýř do modré barvy, který se postupně mění na odstíny červenohnědé až černé barvy. Carapax začíná dlouhým, zřetelně špičatým čelním trnem. Trny na stranách hlavohrudního krunýře jsou umístěny pouze za týlním švem. Za očima se nachází dva páry postorbitálních lišt, podobně jako u raka signálního nebo bahenního, s tím že zadní pár bývá méně zřetelný. Antenální šupiny jsou hladké a patří mezi určovací znaky. Raci se mohou dožít více než 15 let. Hmotnost samců se může vyšplhat na 250 g a celková délka těla, bez klepet, může přesáhnout 15 cm. Samice jsou převážně menší s váhou do 200 g, kdežto jejich celková délka nepřesahuje 15 cm (Dubský et al., 2003).

Klepetá raka říčního jsou velká, široká a na povrchu drsná. Zbarvení je na svrchní straně stejné jako barva těla. Na okraji pevného prstu ve vnitřní straně najdeme dva výrazné hrbolky, mezi kterými je vykrojení, tímto se rak říční odlišuje od raka bahenního. Spodní strana klepet



je hladší a vyznačuje se charakteristickým odstínem červené barvy (Obr. 19). Kůže kloubu a pohyblivé části jsou výrazně červené (Štambergová et al., 2009, Dubský et al., 2003).



Obr. 18. Samec raka říčního (Kozák et al., 2009, s. 8).



Obr. 19. Zleva svrchní část klepeta, spodní část klepeta raka říčního (Kozák et al., 2009, s. 8).

### 5.2.1 Životní cyklus

Samečci raků pohlavně dozrávají okolo třetího roku života, kdy mají okolo 7 cm své celkové délky těla. O rok později, tedy okolo 4. roku života pohlavně dospívají samičky. Velikost samic se mění v závislosti, kde žijí, ale pohybuje se v rozmezí od 7 až 9,5 cm. Velikost a pohlavní zralost jsou ovlivněny různými faktory, nejen kvalitou a teplotou vody, ale také

dostupností potravy. Ke kopulaci u těchto raků dochází na konci září a během října při optimálních teplotních podmínkách vody okolo 8 až 12 °C. Páření trvá obvykle 2-3 týdny, kladení vajíček probíhá v odstupu několika dní po kopulaci. Teplota má hlavní vliv na délku inkubace tohoto druhu raka (Holdich et al., 2006) Vajíčka se velikostně pohybují v rozmezí od 0,28-0,31 cm a během embryonálního vývoje se velikost lehce zvyšuje. Prochází dlouhým vývojem, který končí mezi květnem a červencem líhnutím rácat. Ke svlékání do dalšího vývojového stadia dochází v závislosti na teplotě, a to po 5 dnech až 2 týdnech. Toto stádium je charakteristické osamostatňováním. Na konci prvního roku života mají celkovou délku těla v rozmezí od 1,5 do 2,3 cm. Rak říční dosahuje délky těla až 15 cm, někteří jedinci mají až 18 cm a jejich celková hmotnost činí 250 g. Tento druh našeho původního raka je velmi citlivý k račímu moru. Dospívající samice a samci se svlékají dvakrát za rok, kdežto samice, které v daném roce inkubují vajíčka, se svlékají pouze jednou za rok (Holdich et al., 2006, Pöckl et al., 2006).

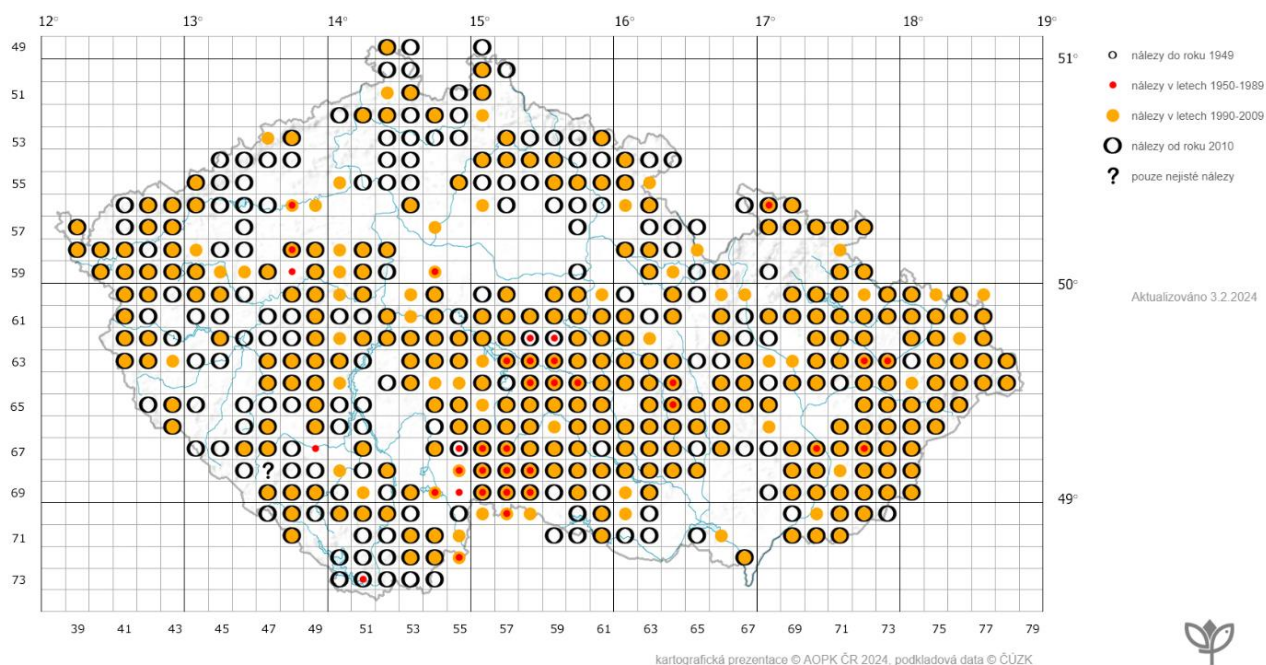
### 5.2.2 Biologie a ekologie

Raci říční nalézají optimální prostředí především v klidnějších tocích potoků a říčků s bohatým množstvím přirozených úkrytů. Také se úspěšně aklimatizoval na alternativních lokalitách, jako jsou zatopené lomy, rybníky, nádrže a pískovny, kde často naleznou vhodné podmínky pro život a množení. Rak říční obývá jak stojaté, tak i tekoucí vody. Obvykle se uvádí, že tento druh raka obývá pouze čisté a chladné vody. Jeho požadavky nejsou tak přísné, jak se uvádí. Břehy toků, které obývá, jsou často obklopeny keři nebo stromy. Kořeny vrb nebo olší tvoří pevnou oporu břehů a poskytuje ideální úkryt pro raky. Na dně toků se nachází šterky nebo kameny, které také využívá pro úkryt. Bahnité dno jako obydlí raci nevyhledávají, nicméně ho využívají pro sběr potravy. Rak říční často sdílí lokalitu s dalšími druhy raků, jako je například rak kamenáč (Dubský et al., 2003). V roce 1994 byl také nalezen výskyt raka říčního s rakem bahenním na potoce Pšovka v CHKO Kokořínsko. Tento druh byl pozorován v rozmezí 155–941 metrů nadmořské výšky. Ideální teplota je od 18-21 °C, při chladnějších teplotách nedochází k vývoji pohlavních orgánů. Raci jsou odolní vůči organické zátěži, avšak citlivě reagují na chemické znečištění ze zemědělství a průmyslu, jako například pesticidy a hašené vápno. Při nízké hodnotě pH dochází k nedostatku vápníku, což vede k problémům při tvorbě krunýře. Pokud hodnota pH je menší než 5, tak životní prostředí není pro raka vhodné. Rakům se daří v mírně zásaditých vodách (pH 7-8,7). Pokud dojde k poklesu kyslíku ve vodě pod 7mg/l raci opouštějí vodu a přijímají kyslík ze vzduchu, tato schopnost jim

zajišťuje přežití i několik dní mimo vodní prostředí (Dubský et al., 2003, Souty-Grosset et al. 2006, Štambergová et al., 2009).

### 5.2.3 Rozšíření v ČR

V dnešní době je rak říční téměř rovnoměrně rozšířen na našem území a představuje náš nejčtenější původní druh raka (Obr. 20). Na přelomu 19. a 20. století, kdy vlivem epidemie račího moru byl velký úbytek populací, byl aktivně chován a uměle vysázen na mnoha místech. Mezi světovými válkami docházelo k nahodilému vysazování importovaných raků na mnoha místech, a proto je původ našich populací neznámý (Štambergová et al., 2009). S narůstajícím znečištěním odpadních vod, rozvojem zemědělské výroby spojené s chemizací docházelo k dramatickému úbytku raka říčního. V letech 1981-1982 byl zaznamenán velký výskyt tohoto druhu například v řece Labe. V roce 1985 vznikl projekt s názvem „Akce rak“, který poskytuje podrobný přehled o výskytu raků. Tento projekt vznikl za podpory Českého svazu ochránců přírody ve spolupráci s Českým rybářským svazem, systematicky zaznamenával výskyty raků. V roce 2000 bylo identifikováno celkem 500 lokalit s výskytem raků. Z toho počtu byl v 55 % případů zastoupen právě rak říční. V roce 2008-2009 byl výskyt raka potvrzen na 1082 úsecích, což představuje celkem 550 lokalit. Obývají zejména drobné toky, ale také větší říčky, popř. rybníky, vodní nádrže či zatopené lomy (Holzer 2000, Štambergová et al., 2009).



Obr. 20. Rozšíření raka říčního v ČR (AOPK ČR, 2024, Citováno 3. 2. 2024).

## 6. Negativní vliv invazivních druhů raků na původní druhy raky v ČR

Raci v České republice čelí mnoha negativním vlivům. Vzhledem k přítomnosti nepůvodních severoamerických druhů raků jako je rak pruhovaný a rak signální, kteří jsou na našem území a ve volné přírodě se stávají konkurencí a hrozbou šíření račího moru. Tito raci mají schopnost šířit toto onemocnění, na který jsou sami značně odolnější než naši původní raci. Invazivní druhy raků jsou schopni konkurovat nebo předovat i jiné druhy vodních živočichů. Mohou změnit potravní vztahy a dynamiku ekosystému tzv. měnit trofickou strukturu ekosystému. Také mohou ovlivnit fyzické vlastnosti a biologickou rozmanitost prostředí, ve kterém žijí (Dubský et al., 2003, Štambergová et al., 2009).

### 6.1 Račí mor

Račí mor patří mezi nejznámější onemocnění raků. Původce račího moru *Aphanomyces astaci* patří do skupiny Oomycetes a v ČR je známý také jako “hnilíček račí“. Ač se podobají pravým houbám, tím že tvoří vlákna, která rostou v substrátu a čerpají z něj živiny, fylogeneticky jsou blíže k hnědým řasám nebo rozsivkám. Životní cyklus je extrémně jednoduchý, zahrnuje pouze nepohlavní rozmnožování pomocí zoospor. *Aphanomyces astaci* proniká do kutikuly nebo také do celého těla, kde vytváří rozvětvené mycelium. Zoospory žijí pouze krátkou dobu, obvykle několik dnů až maximálně týden. Živostnost závisí na teplotě, při nižších teplotách mohou zoospory vydržet déle. Nicméně jsou velmi citlivé na vyschnutí, takže musí být neustále ve vodě nebo vlhku. Tento parazit zřejmě nemá žádného mezihostitele ani trvalá stádia (Kozák et al., 2013, Svobodová et al., 2020).

Důsledky infekce se liší mezi jednotlivými druhy raků, které pocházejí z různých částí světa. Severoameričtí raci jsou obecně velmi odolní a parazit u nich obvykle nezpůsobuje onemocnění. Tato odolnost je dána hlavně díky rychlé a silné imunitní reakci, kdy hyfy neprorostou do kutikuly raka a zastaví se jejich růst. Parazit je živý a rozmnožuje se, což vede k tomu, že se do vody uvolňují zoospory a dojde k přenosu infekce na dalšího raka. Lze říct, že tento rak se pak stává chronickým přenašečem nákazy. Mezi račím morem a severoamerickými raky tak lze hovořit o rovnoměrném vztahu. Hromadné úhyny nastávají jen ojediněle a to, pokud je rak z nějakého důvodu oslaben (Kozák et al., 2013).

U původních evropských druhů raků nastává infekce zoosporami. Imunita těchto raků je pomalejší, a tak parazit nezůstává v kutikule a hyfy prorůstají dovnitř těla. To vede k náhlému onemocnění, které není možno nijak léčit a vede k úhynu raka. Parazitární infekce napadá také

nervové tkáně a vnitřní orgány. Jelikož je tato infekce vysoce nakažlivá a devastuje celé populace raků, bylo toto onemocnění nazváno račí mor (Svobodová et al., 2020).

Raci, kteří jsou napadení račím morem, mají zjevný dezorientovaný pohyb a pokoušejí se o poškrábání se na těle končetinami. Pohyby raka mohou být křečovité a někdy je také pozorována chůze na vysoko zvednutých nohou, upadávání končetin nebo bílý plísňovitý povrch v kloubech končetin, popřípadě na očních stopkách. Nemoc běžně zahubí raky během několika dnů až týdnů, celá populace může uhynout během několika týdnů až měsíců (Štambergová et al., 2009).

První zmínky o račím moru v České republice se objevily na konci 19. století, avšak negativní dopad této nemoci byl po většinu 20. století přehlížen. Nové případy vypuknutí račího moru, který postihuje naše původní raky, začaly být zaznamenávány až zhruba na přelomu 20. – 21. století. Od roku 2004 je u nás prováděn systematický výzkum, který se zaměřuje jak na úbytek původních druhů raků vzniklý račím morem, tak na monitorování této nákazy u invazivních druhů raků. Tento výzkum je zásadní pro zachování a ochranu našich původních druhů raků. V období let 2004–2020 bylo toto onemocnění potvrzeno jako příčina úhynu 26 populací původních raků v ČR. Z nichž 21 se jedná o úhyn raka říčního, čtyři o úhyn raka kamenáče a jeden případ s oběma druhy, které se nacházejí na totožné lokalitě. U dalších přibližně 10 situací ukazují okolnosti úmrtí raků, že mohlo jednat rovněž o račí mor, avšak nebyly získány vzorky pro laboratorní testy. Kompletní počet případů je nejspíš větší, než je uvedeno, protože výskyt uhynulých raků se často nachází náhodně a další případy tak mohly zůstat nepozorované (Mojžišová et al., 2020, Svobodová et al., 2020).

## 6.2 Následky pro ostatní vodní organismy

Invazivní raci představují hrozbu i pro ostatní vodní živočichy a rostliny. Rozšíření těchto druhů narušuje ekologickou rovnováhu, což má za důsledek změny v biodiverzitě. Invazivní raci jsou agresivnější a mohou vytlačit ryby z jejich skrýší, čímž se stávají snadnou obětí pro další predátory. Příklad může být situace s rakem signálním a mřenkou mramorovou (*Barbatula barbatula*) a vrankou obecnou (*Cottus gobio*), kdy je rak dokázal vypudit do části toků, které samy neosidlují. Rak signální také ovlivňuje populaci lososovitých ryb, požíváním jiker a váčkového plůdku, jelikož se přizpůsobí životu i v horním proudovém toku, kde tyto ryby migrují ke tření. Dochází i k predaci původních druhů raků, nicméně na takových lokalitách je ustálena ekologická rovnováha, dokud není narušena stabilita ekosystému invazivními druhy (Svobodová et al., 2020).

### 6.3 Dopad na potravní interakce v ekosystému

Raci, jak už bylo zmíněno výše, se živí širokou škálou potravy, ať už živočišného nebo rostlinného původu. Mohou být predátoři, herbivorní nebo detritofágové, jejich výběr potravy je ovlivněn věkem nebo také ročním obdobím. Raci patří mezi omnivory a rychle se přizpůsobí potravní nabídce v oblasti, které osídluje. Zatím nebyl zaznamenán žádný výrazný rozdíl mezi výběrem potravy původních a invazivních raků. Problém se objevuje tehdy, když invazivní druhy raků jsou schopny rychle kolonizovat a tím přinášejí změny celého ekosystému, které mají dopad na celkovou dynamiku potravního řetězce. Invazivní druhy raků vyznačují rychlejším růstem a dříve dosahují dospělosti než naši domácí raci. Jejich populace se tímto velmi rychle rozrůstá a často překračují početnost našeho původního druhu v podobných podmínkách. Vyšší populace přináší zvýšenou spotřebu potravy a zvýšený tlak na okolní ekosystém. Taková situace vede ke snížené dostupnosti potravy pro ostatní druhy, a může to například ovlivnit tempo růstu ryb (Štambergová et al., 2009).

## 7. Ochrana původních druhů raků

Svobodová et al. (2010) uvádí, že jedním z klíčových nástrojů k ochraně původních druhů raků je legislativa. Nicméně v současnosti sama o sobě nestačí k zamezení šíření nepůvodních druhů raků v ČR a k ochraně původních raků před úbytkem. Je nezbytné rozšířit ochranu raků o další nástroje, jako je osvěta mezi veřejností, která upozorní na důležitost dodržování právních předpisů. Nevládní organizace, které se věnují ochraně raků, se soustředí především na vysazování uměle odchovaných ráčat do oblastí, které jsou vybrány jako vhodné. Avšak kritéria pro výběr nových lokalit nejsou přesně stanovena a ve většině případů dochází k nedostatečné kontrole vysazených populací. Organizace, které chtějí účinně pomáhat našim původním druhům raků, by se měly zaměřit na následující aktivity (Petrušková et al., 2006):

### 1) Posílení stávajících populací

Je důležité se zaměřit se na pečlivou ochranu biotopů existujících populací. Při nízké početnosti identifikovat a řešit příčiny, jako například znečištění vody, velké zarybnění. Pravidelně monitorovat lokality, kde se vyskytují nepůvodní druhy, a snažit se o zabránění jejich šíření.

### 2) Informační kampaně – osvěta

Hlavní formou osvěty by měly být veřejné přednášky, školní besedy a terénní exkurze. Podrobné vysvětlení rozdílů mezi původními a nepůvodními druhy, včetně jejich rozdílů pro určení druhu. Rizika spojená s nepůvodními raky, hlavně výskyt račího moru a dopad na naše raky. Důrazné upozornění, že při manipulaci s raky je potřeba zvláštní povolení od orgánu ochrany přírody, a to jak s původními, tak i nepůvodními druhy. Vytvoření informačních tabulí pro veřejnost na lokalitách, kde se vyskytují nepůvodní druhy raků s důrazem na nebezpečí těchto druhů.

### 3) Monitoring a mapování raků

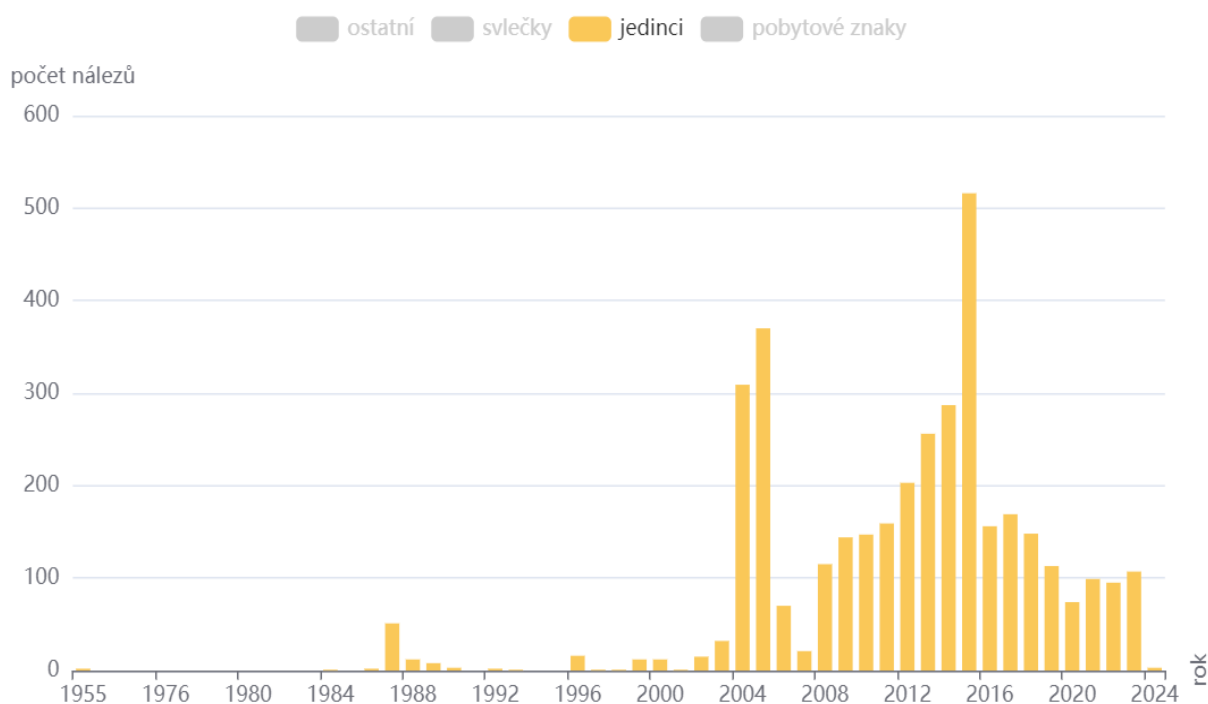
Pravidelné mapování a monitoring raků jsou základními prvky pro veškeré ochranářské aktivity. Pouze dlouhodobé sledování stávajících populací raků může poskytnout informace o jejich současném stavu v naší přírodě. Data z mapování a monitoringu raků jsou shromažďována v databázích Agentury ochrany přírody a krajiny ČR (AOPK ČR) v Praze. Sledování je důležité také pro odhalování výskytu račího moru. Je nezbytné zaznamenávat a hlásit náhlé masové úhyny raků, a to na AOPK ČR.

## 8. Současný stav raků v ČR v porovnání s historií

### 8.1 Rak říční

Historie raka říčního sahá až do roku 1955, kdy v ČR byli nalezeni dva jedinci (Obr. 21). Poté byl jeden nález hlášen až v roce 1984 a následně o dva roky později, tedy v roce 1986, kdy byli nalezeni pouze dva jedinci. V roce 1987 se však podařilo nalézt celkem 51 raků. Pak následovaly roky, během kterých nedošlo k žádnému výraznému přírůstku populace raků. V roce 2004 bylo nalezeno 309 jedinců raků, a o rok později, v roce 2005, se našlo 370 kusů. Poté následovala léta, kdy nálezy nebyly příliš vysoké, avšak podle grafu (Obr. 21) můžeme říct, že se pohybovaly kolem 100 jedinců za rok. V roce 2012 počet jedinců překročil 200 kusů. V roce 2015 bylo nalezeno 516 jedinců. V letech 2016 až 2019 byl počet nalezených raků kolem 100 kusů. V současné době se výskyt raků pohybuje buď pod horní hranici sta, nebo jen mírně překračuje 100 jedinců (AOPK ČR, 2024, citováno dne 23. 03. 2024).

#### ^ Časové rozložení záznamů druhu v ND OP



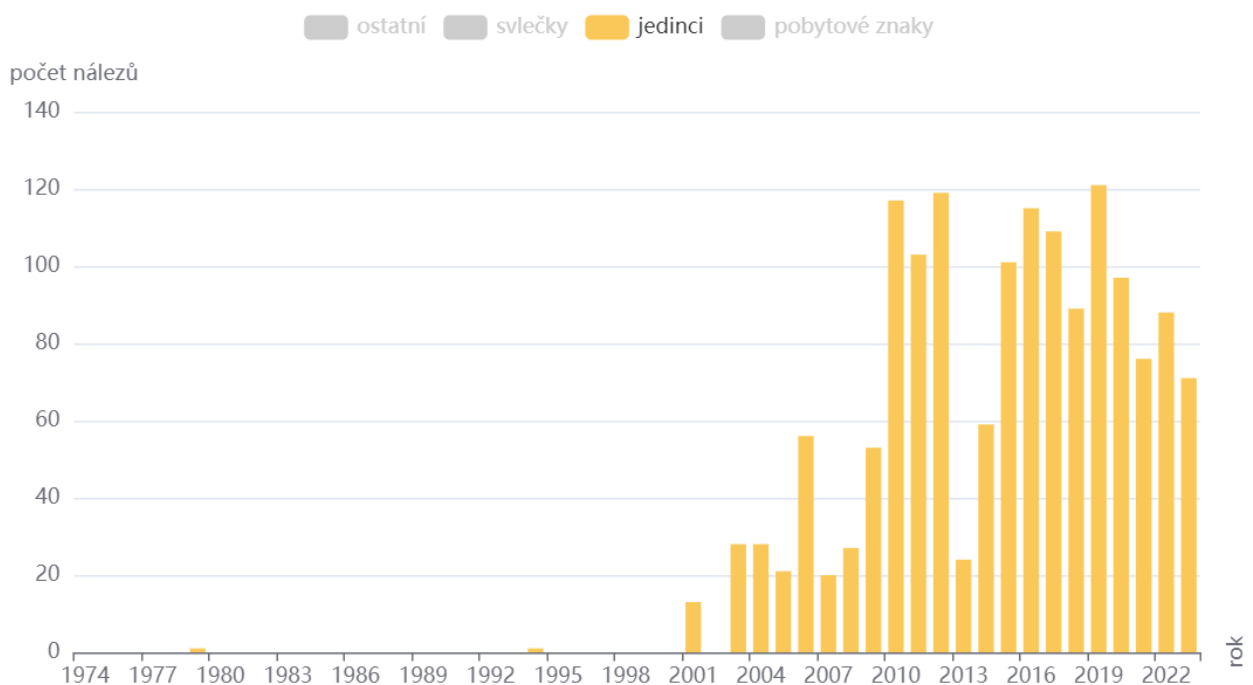
Obr. 21. Časové rozložení raka říčního v ČR (AOPK ČR, 2024, citováno dne 23. 03. 2024).



## 8.2 Rak kamenáč

Rak kamenáč začíná svou historii v nálezové databázi ochrany přírody (ND OP) v ČR v roce 1979, kdy byl nalezen pouze jeden jedinec (Obr. 22). Stejný případ se opakovl o 15 let později, v roce 1994, kdy byl opět nalezen pouze jeden jedinec. V letech 2001 až 2009 se počet nalezených jedinců pohyboval mezi 13 a 56 jedinci. V roce 2010 počet jedinců překročil hodnotu 100, zatímco v roce 2013 počet klesl na pouhých 23 nalezených raků. Od roku 2015 se počet raků drží na hranici 100, s výjimkou let 2018, 2021 a 2023, kdy byly nálezy pod 100 jedinců, a v roce 2019, kdy bylo dosaženo maximálního počtu 121 nalezených jedinců (AOPK ČR, 2024, citováno dne 23. 03. 2024).

### ^ Časové rozložení záznamů druhu v ND OP



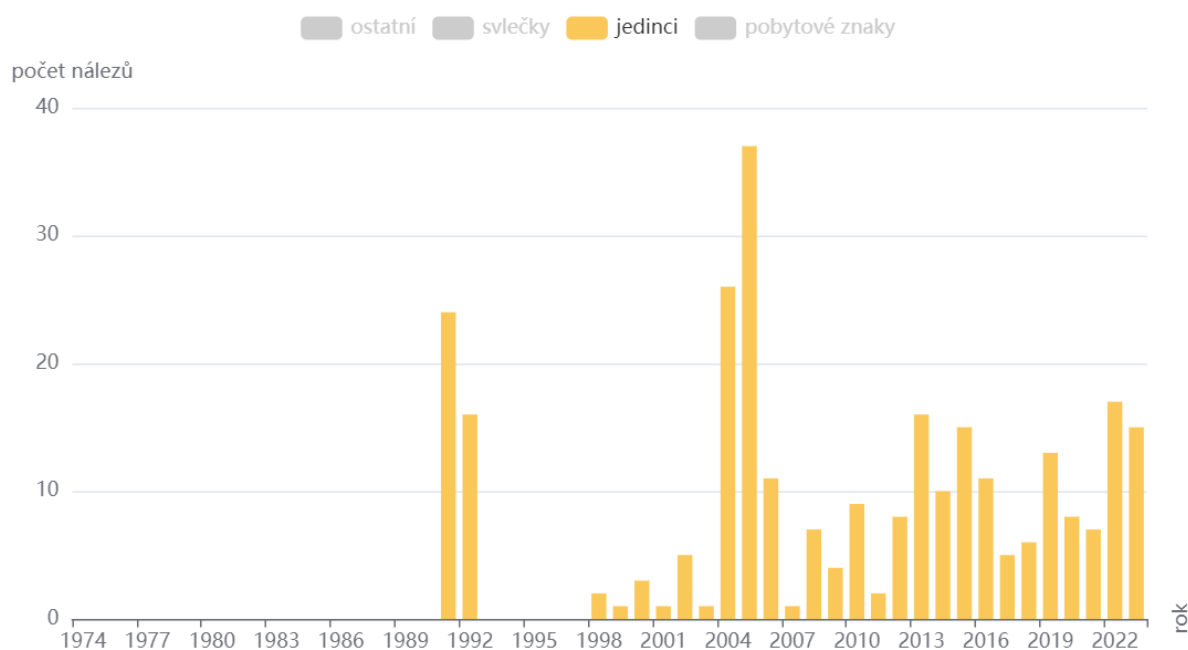
Obr. 22. Časové rozložení raka kamenáče v ČR (AOPK ČR, 2024, citováno dne 23. 03. 2024).

## 8. 3 Rak pruhovaný

Rak pruhovaný se v nálezové databázi ochrany přírody (ND OP) objevil v roce 1991, kdy bylo zaznamenáno 24 jedinců (Obr. 23). Následující rok bylo nalezeno 16 jedinců, avšak od roku 1993 až 1997 nebyl zaznamenán žádný výskyt. Od roku 1998 do roku 2003 bylo nalezeno velmi málo jedinců, a to v rozmezí počtu od 1 do 5. V roce 2004 se počet nálezů zvýšil na 26 jedinců a o rok později na 37 nalezených jedinců. V letech 2007 až 2012 nepřesáhl počet nalezených jedinců hranici 10. Následně se počet raků mírně zvýšil na 16 jedinců v roce 2013

a v následujících letech až do roku 2016 neklesl pod 10. V letech 2017 až 2021 opět klesl počet nalezených raků pod hranici 10, s výjimkou roku 2019, kdy bylo nalezeno 13 jedinců. V letech 2022 se počet nálezů opět zvýšil na 17 jedinců (AOPK ČR, 2024, citováno dne 23. 03. 2024).

#### ^ Časové rozložení záznamů druhu v ND OP

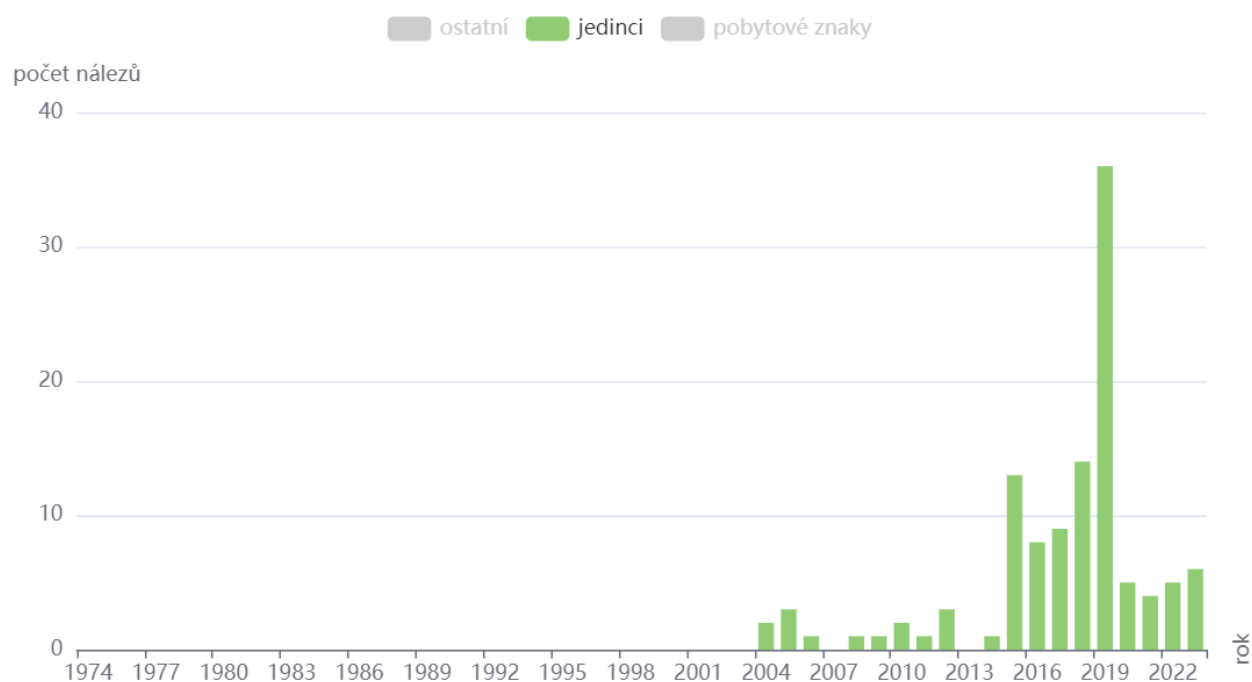


Obr. 23. Časové rozložení raka pruhovaného v ČR (AOPK ČR, 2024, citováno dne 23. 03. 2024).

## 8. 4 Rak signální

Rak signální je v nálezové databázi ochrany přírody (ND OP) evidován až od roku 2004, kdy byli nalezeni pouze 2 jedinci. Tyto nálezové databáze nezahrnují data o dovozu 1000 juvenilních raků ze Švédska do ČR v roce 1980. V letech 2004 až 2014 byl počet nálezů raků velmi nízký a nepřekročil hranici 3 jedinců. V roce 2015 bylo nalezeno 13 jedinců, a následující dva roky (2016-2017) byly nálezy velmi podobné, s 8 a 9 jedinci raků. Rok 2019 se jeví jako ten s nejvyšším počtem nalezených jedinců, a to celkem 36 (Obr. 24). Od roku 2020 do současnosti se průměrný počet nalezených jedinců pohybuje kolem čísla 5 (AOPK ČR, 2024, citováno dne 23. 03. 2024).

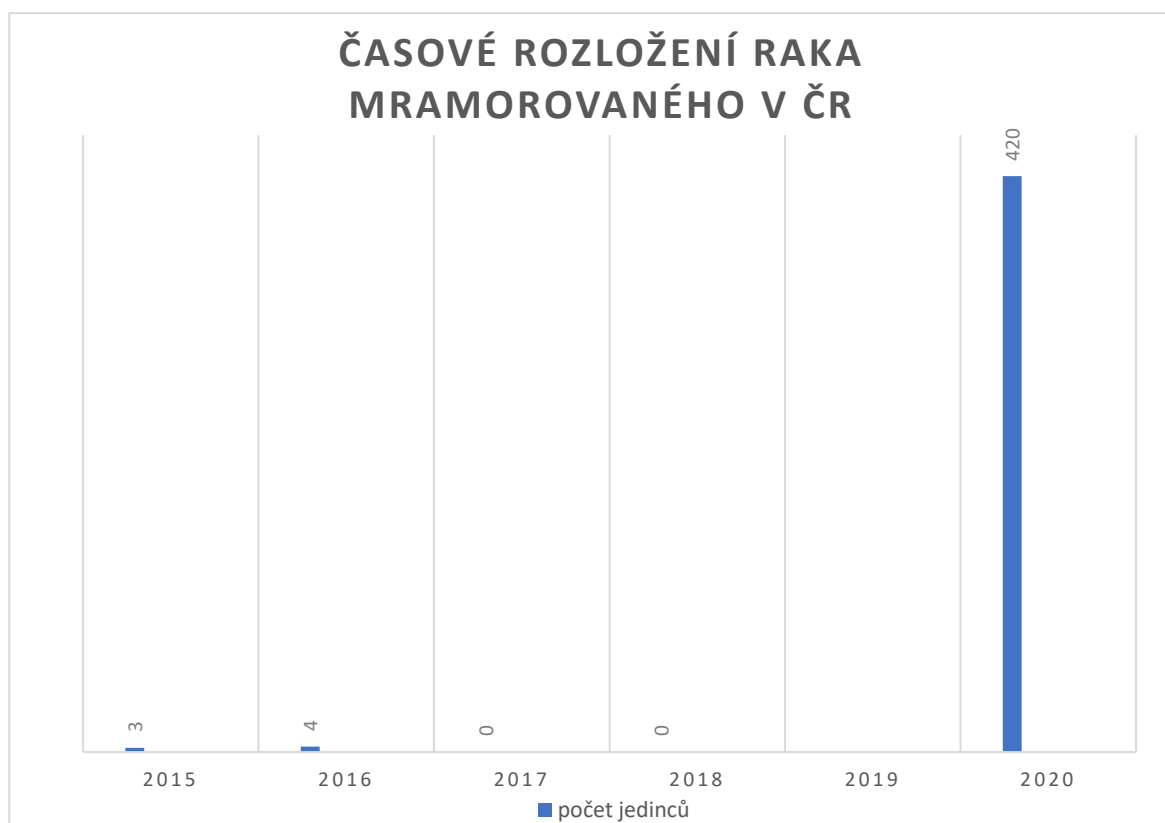
## ↗ Časové rozložení záznamů druhu v ND OP



Obr. 24 Časové rozložení raka signálního v ČR (AOPK ČR, 2024, citováno dne 23. 03. 2024).

### 8. 5 Rak mramorovaný

Patoka et al. (2016) uvádí, že rak mramorovaný byl pozorován v České republice od roku 2015 v pražském parku Přátelství, kde byli nalezeni 3 jedinci (Obr. 25). O rok později, v roce 2016, byly nalezeny 4 samice v rybníku Jiřina v Radovesické lokalitě. Tyto informace naznačují, že populace raků mramorovaných v ČR začala v tomto období vznikat. V roce 2018 proběhl monitorovací průzkum v rybníku Jiřina pod vedením České zemědělské univerzity, kde žádný rak nebyl nalezený a o rok později, v roce 2019, se zde našlo několik jedinců tohoto druhu (přesná čísla nejsou uvedena). V roce 2020 bylo na stejném místě v rybníku Jiřina nalezeno 20 jedinců raka mramorovaného. Téhož roku bylo nalezeno přes 400 raků tohoto druhu v Dolních Chabrech (Ochrana přírody, 2/2021, citováno 24. 03. 2024).

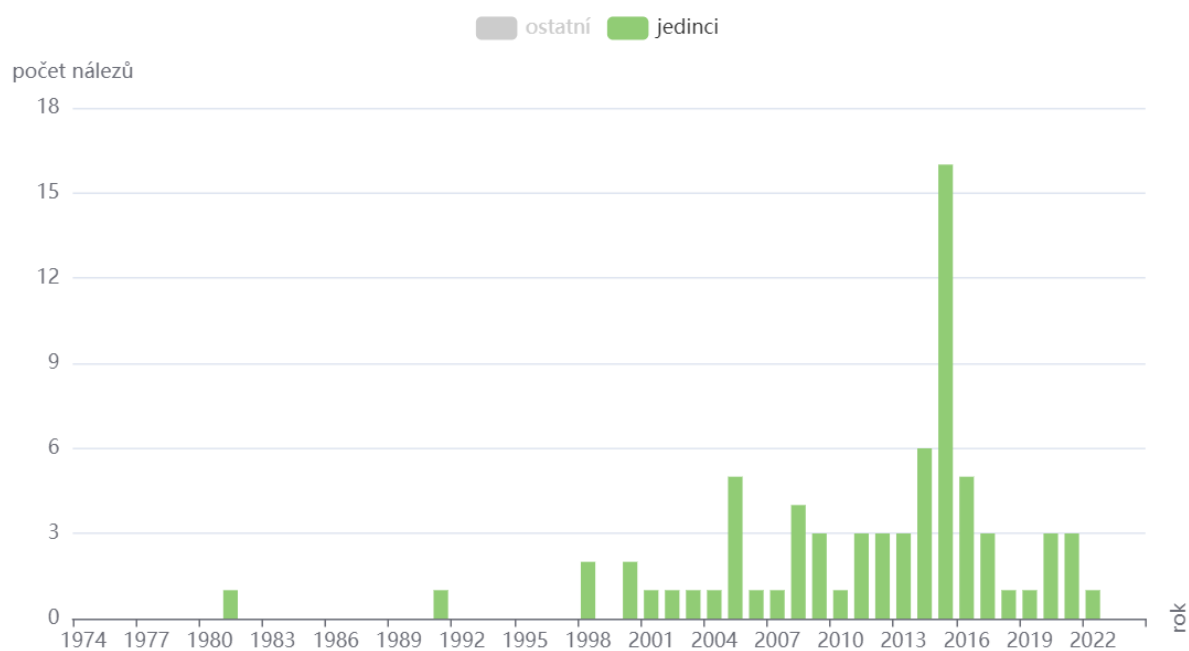


Obr. 25. Časové rozložení raka mramorového v ČR (AOPK ČR, 2024, citováno dne 23. 03. 2024, vlastní zpracování grafu).

## 8.6 Rak bahenní

Rak bahenní byl do ČR dovezen v roce 1892, avšak obrázek č. 26 ukazuje, že již v roce 1891 byl v ČR nalezen jeden jedinec tohoto raka. Po dlouhé době, v roce 1991, byl nalezen opět jeden jedinec raka bahenního. Od roku 1998 až do roku 2004 byl výskyt raka průměrně nízký, obvykle mezi 1-2 jedinci. V roce 2005 se počet vyšplhal na 5 jedinců. V roce 2015 byl zaznamenán výrazný nárůst populace, kdy bylo nalezeno 16 jedinců raka bahenního. Od roku 2015 se však počet nálezů postupně snižuje, a to v rozmezí 1 až 5 jedinců ročně (AOPK ČR, 2024, citováno dne 23. 03. 2024).

### ▲ Časové rozložení záznamů druhu v ND OP



Obr. 26. Časové rozložení raka bahenního v ČR (AOPK ČR, 2024, citováno dne 23. 03. 2024).

## 9. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo zpracování literárního přehledu na téma invazivní druhy raků v České republice. Hlavním cílem bylo popsat historii a současný stav populace raků na území ČR s důrazem na invazivní druhy. Dalším cílem bylo seznámit se se základními termíny spojenými s invazí a provést analýzu morfologie, biologie a ekologie jak invazivních, tak původních druhů raků v ČR. Zkoumala jsem negativní dopady invazivních druhů raků na původní populace a možnosti ochrany našich původních raků.

Zjistila jsem, že se v České republice vyskytují 4 druhy nepůvodních raků, z nichž 3 jsou považovány za invazivní: rak signální, rak mramorovaný a rak pruhovaný. Rak signální se na našem území šíří především lidskou činností, například přemísťováním jedinců do nových lokalit. I když rychlost kolonizace nových míst je poměrně nízká, větší nebezpečí pro budoucnost představuje šíření na nové lokality veřejností. Proto je nezbytné neustále sledovat jeho výskyt a usilovat o omezení jeho dalšího šíření. Rak mramorovaný je velmi nebezpečný především kvůli své rychlé reprodukci a tvorbě partenogenetických vajíček. Tento rak má negativní dopady na biodiverzitu a ekosystémy vodních toků v České republice. Rak pruhovaný je dalším nepůvodním druhem raka v České republice. Je schopný přežít v různých typech prostředí a odolávat široké škále podmínek. Je schopen rychlé kolonizace na nové území. Jeho vysoká plodnost a rychlý životní cyklus mu dávají výhodu při invazivním šíření. Je zásadní sledovat jeho výskyt a zabránit jeho rozšiřování, zejména proto, že většina populací tohoto raka je infikovaná račím morem. Negativní dopady jeho invaze zahrnují snižování biodiverzity a narušení vodních ekosystémů. Za rozšiřování nepůvodních a invazivních druhů raků by mělo být pokutováno a zakázáno.

V České republice je k dispozici Nálezová databáze ochrany přírody (ND OP), která poskytuje informace o mapách výskytu, grafech početnosti a popisech jednotlivých druhů raků. Populace raků říčních neprojevuje známky úbytku. Při každoročním monitorování byl na lokalitách zaznamenán zhruba stejný počet jedinců. Početnost populací raka kamenáče zůstává stabilní, stejně jako počet obsažených lokalit. Taktéž populace raka pruhovaného je stabilní a nedochází k významným změnám populací tohoto raka. Stabilní populaci v České republice má také rak signální. Naopak populace raka bahenního vykazuje pokles v posledních letech. Rak mramorovaný aktuálně neprojevuje známky růstu, ale je potřeba každý výskyt tohoto raka likvidovat vzhledem k jeho způsobu rozmnožování.

Za jedno z důležitých opatření proti šíření invazivních druhů raků je jejich monitorování. Monitorovat je zapotřebí jak nepůvodní, tak i původní druhy raků, abychom mohli efektivně předcházet rozsáhlému úhynu našich raků v důsledku račí moru. Na místech výskytu invazivních druhů raků je také nezbytné zavést vysazování predátorů raků, aby bylo zabráněno jejich dalšímu šíření.

## 10. Zdroje

- 1) AOPK ČR. (2006-2024). *Informační systém ochrany přírody: Rak Signální*. Dostupné z: <https://portal.nature.cz/w/druh-53777#/> [citováno 23. 3. 2024].
- 2) AOPK ČR. (2006-2024). *Informační systém ochrany přírody: Rak říční*. Dostupné z: <https://portal.nature.cz/w/druh-53776?myND=rak+%C5%99%C3%AD%C4%8Dn%C3%AD+-+Astacus+astacus#/> [citováno 23. 3. 2024].
- 3) AOPK ČR. (2006-2024). *Informační systém ochrany přírody: Rak kamenáč*. Dostupné z: <https://portal.nature.cz/w/druh-53775?myND=rak+kamen%C3%A1%C4%8D+-+Austropotamobius+torrentium#/> [citováno 23. 3. 2024].
- 4) AOPK ČR. (2006-2024). *Informační systém ochrany přírody: Rak pruhovaný*. Dostupné z: <https://portal.nature.cz/w/druh-53778?myND=rak+pruhovan%C3%BD+-+Orconectes+limosus#/> [citováno 23. 3. 2024].
- 5) AOPK ČR. (2006-2024). *Informační systém ochrany přírody: Rak mramorovaný*. Dostupné z: <https://portal.nature.cz/w/druh-53774?myND=rak+bahenn%C3%AD+-+Astacus+leptodactylus#/> [citováno 23. 3. 2024].
- 6) DUBSKÝ, Karel; KOUŘIL, Jan a ŠRÁMEK, Václav. *Obecné rybářství*. Praha: Informatorium, 2003. ISBN 80-7333-019-9.
- 7) ELTON, C. S. (1958). *The ecology of invasions by animals and plants*. University of Chicago Press.
- 8) GÖRNER, T. *Rak mramorovaný potřeťí, tentokrátě opět v Praze*. 2021. - Ochrana přírody 2/2021
- 9) HAJER, J. (1989): *Americký druh raka v Labi*. - Živa, 37, 3: 125
- 10) HOLDICH, D. M., Haffner, P., Noël, P., Carral, J., Füderer, L., Gherardi, F., Machino, Y., Madec, J., Pöckl, M., Šmietana, P., Taugbol, T., Vigneux, E. (2006). Species files. In: Souty-Grosset, C., Holdich, D. M., Noël, P. Y., Reynolds, J. D., Haffner, P. (Eds), *Atlas of Crayfish in Europe*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, pp. 49–130.
- 11) HOLZER, M. (1987): *Akce Rak po roce*. - Naší přírodou, 4: 74-75.
- 12) Holzer, M. (1989): *Jak dál s ochranou raků u nás*. - Naší přírodou, 9, 7: 162.



- 13) HOLZER, M. (2000): *Raci v České republice*. - Ochrana přírody, 55, 10: 291-294.
- 14) KOUBA A., Kozák P. *Není rak jako rak*. ČSOP Krása našeho domova, Jaro/léto 2010
- 15) KOZÁK, Pavel. *Základní morfologické znaky k rozlišení raků v ČR*. 2., přeprac. vyd. Metodik. Technologická řada, č. 92. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 2009. ISBN 978-80-85887-92-1.
- 16) KOZÁK, P. (2013): *Biologie a chov raků*. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. (418) s. ISBN 978-80-7514-001-2.
- 17) KOZUBÍKOVÁ E., Petrusek, A., Ďuriš, Z., Martín, M. P., Diéguez-Urbeondo, J., Oidtmann, B. (2008): *The old menace is back: recent crayfish plague outbreaks in the Czech Republic*. *Aquaculture*, 274(2-4): 208-217.
- 18) KRUPAUER, V. (1968): *Zlatý rak*. - 109 pp. Nakladatelství České Budějovice.
- 19) MARTIN P., Kohlmann K., Scholtz G. (2007) *The parthenogenetic Marmorkrebs (marbled crayfish) produces genetically uniform offspring*. *Naturwissenschaften*, 94: 843-846.
- 20) MLÍKOVSKÝ, J. & STÝBLO, P. (eds.) (2006): *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. ČSOP. 496 pp. Praha.
- 21) MOJŽIŠOVÁ M., Mrugała A., Kozubíková-Balcarová E., Vlach P., Svobodová J., Kouba A. et Petrusek A. (2020): *Crayfish plague in Czechia: Outbreaks from novel sources and testing for chronic infections*. – *Journal of Invertebrate Pathology*: 107390.
- 22) PATOKA, Jiří. *Chováme sladkovodní raky*. Průvodce chovatele (Grada). Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-1836-1.
- 23) PATOKA, Jiří. *Sladkovodní raci*. Abeceda akvaristy. Rudná u Prahy: Robimaus - sdružení Magdaléna a Robert Javorských, 2013. ISBN 9788087293300.
- 24) PATOKA, J., Buřič, M., Kolář, V., Bláha, M., Petrtyl, M., Franta, P., Tropek, R., Kalous, L., Petrusek, A., Kouba, A., 2016. *Predictions of marbled crayfish establishment in conurbations fulfilled: Evidences from the Czech Republic*. *Biologia* 71: 1380–1385.

- 25) 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.
- 26) PöCKL, M., Holdich, D. M. & Pennerstorfer, J. (2006): *Identifying native and alien crayfish species in Europe*. - European Project CRAYNET, 47 pp.
- 27) PYŠEK, Petr, et al. *Návrh české terminologie vztahující se k rostlinným invazím* [online] Zprávy České botanické společnosti. Praha, 2008, 43: 219-221
- 28) PYŠEK P., *Historie, definice, hypotézy a budoucnost biologických invazí*. Nakladatelství Academia, SŠ AV ČR, v. v. i., 2018. Živa 5/2018
- 29) REYNOLDS, J. D., 2002. *Growth and reproduction*. In: Holdich, D. M., (eds), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science Ltd., London, pp. 152-191.
- 30) SIMBERLOFF D., Rejmánek M. 2011: *Encyclopedia of Biological Invasions*, University of California Press, Los Angeles, 792 pp.
- 31) 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.
- 32) SVOBODOVÁ J., Vlach P. & Fischer D. (2010): *Legislative protection of crayfish in the Czech Republic and other states of Europe*. – Vodohospodářské technicko-ekonomické informace 52: 1-5.
- 33) SVOBODOVÁ J., Kozubíková – Balcarová E., Fischer D., Vlach P., Štambergová M., et al. *Metodika regulace a eradikace invazních druhů raků: výběr vhodných metod v závislosti na charakteru vodního útvaru*. Praha, 2020. ISBN 978-80-87402-93-1
- 34) ŠTAMBERGOVÁ, M., Svobodová, J., Kozubíková, E., 2009. *Raci v České republice*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha, 255s
- 35) ŠTĚPÁN, V. J. (1932): *Soudobý stav rakařství v Čechách*. - Československý rybář, 12: 102-104, 114-117, 127-130. Vodňany.
- 36) ZEHNDER, H., 1934. *Über die Embryonalentwicklung des Flusskrebsses*. Acta Zoologica, 15: 261–408.