

INVAZNÍ DRUHY RAKŮ V ČESKÉ REPUBLICE

PAVEL VLACH

RNDr. PAVEL VLACH, Ph.D.

Učitel biologie na Gymnáziu Blovice a na PF ZČU v Plzni vyučuje speciální ekologii živočichů, didaktiku biologických pokusů a obecnou zoologii. Provádí řadu průzkumů zaměřených především na ryby, obojživelníky a raky. Autochtonní raci (především rak kamenáč) se od roku 2002 stali hlavní náplní jeho odborné činnosti.

V České republice se v současnosti vyskytuje 6 druhů raků; z nich ale pouze dva jsou druhy na našem území původní. Jak se k nám dostaly ty ostatní? Lze očekávat invazi ještě dalších druhů? V čem tkví nebezpečí nepůvodních raků pro naši astakofaunu? A lze naše raky vůbec nějak účinně chránit? To jsou otázky, na které lze stěží beze zbytku odpovědět; tento příspěvek si nicméně klade za cíl stručně rekapitulovat „situaci kolem raků“ v České republice a celou problematiku nastínit širší ochrannářské komunitě.

NAŠI RACI V EVROPĚ PŮVODNÍ

Diverzita raků v Evropě není ve srovnání ostatními kontinenty příliš velká; žije zde pouze **5 původních druhů raků** (s vědomím faktu, že řada dalších druhů jsou spíše druhové komplexy, a že existuje několik dalších druhů nebo rodů, jejichž platnost ale není všeobecně uznávána). V České republice jsou pak původní pouze dva z nich; rak říční *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) a rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schränk, 1803).

Rak říční je (obr. 1) široce rozšířený druh, obývající v současnosti 39 evropských zemí (Kouba et al. 2014). I u nás je nejhojnějším račím druhem, když obývá více než 800 lokalit různého charakteru (Vlach & Melichar 2017). Naproti tomu areál **raka kamenáče** (obr. 1) je omezen na 20 států v povodí Dunaje a Labe (Kouba et al. 2014, Petrusek et al. 2017). Oba tyto druhy bývají považovány za indikátory dobré kvality vod, i když se vyskytují i na relativně znečištěných lokalitách (Svobodová et al. 2012). Oba druhy patří dle zákona č. 114/1992 Sb. mezi zvláště chráněné druhy v kategorii **kriticky ohrožený**.

Rak bahenní *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823, je dalším druhem (resp. druhovým komplexem), patřícím mezi původní evropské raky. Jeho rozšíření v Evropě lze označit jako ponto-kaspické (Kouba et al. 2014). Vyskytuje se však i v dalších evropských zemích, ve kterých byl hojně

vysazován především po první vlně račího moru na přelomu 19. a 20. století. Tak se také dostal do České republiky, kam byl ze stejného důvodu vysazen z oblasti Haliče na ukra-jinsko-polském pomezí (Souty-Grosset et al. 2006). V současné době se rak bahenní v ČR vyskytuje na minimálně desítkách lokalit; obývá však především bezodtoké oblasti, jako jsou bývalé lomy a pískovny, najdeme jej ale i v rybnících a jejich navazujících vodotečích.

RACI NEPŮVODNÍ V EVROPĚ I U NÁS

V současné době v Evropě evidujeme výskyt celkem 11 nepůvodních druhů raků (Kouba et al. 2014), z nichž tři jsou v Evropě již dlouho etablovaní; dva z těchto „starých invazních druhů“ se vyskytují i v České republice. Prvním je **rak pruhovaný** *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817), který byl z USA vysazen na konci 19. století v Polsku a Německu především proto, aby nahradil populace raka říčního, vymizelého po první vlně račího moru (Souty-Grosset et al. 2006). K nám se postupně dostal labskou cestou v 80. letech minulého století (Hajer 1989). V současnosti obývá např. Labe, Vltavu, a to až po ÚN Lipno, Sázavu, Lužnici včetně přítoků a stále se šíří. Jeho výskyt je však mnohem širší a zahrnuje i izolované části toků, vodní nádrže nebo rybníky, kam byl často (nevědomky) vysazen (obr. 4). Dalším nepůvodním severoamerickým druhem je **rak signální** *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852). Tento druh byl nejprve introdukovan v roce 1960 do Švédska a poté, co se první introdukce dala považovat za úspěšnou, bylo provedeno další masivní vysazování (desítky tisíc jedinců, většinou z jezera Tahoe v USA) ve Švédsku a Finsku v letech 1967–1968 (Souty-Grosset et al. 2006). Důvod introdukce byl prostý – snahou bylo posílit komerční produkci raků ve Skandinávii, když původní populace raka říčního byly stále oslabené po vlně račího moru na počátku století. V 80. letech pak následovala vlna sekundárních introdukcí



Obr. 1 Rak říční (vlevo) z Bystré v Českém středohoří a rak kamenáč (vpravo) v Lučního potoka v Podkrkonoší. Foto Pavel Vlach



Obr. 2 Rak bahenní z lomu Kosov (vlevo) a rak signální z Liščího potoka (vpravo). Foto Pavel Vlach



Obr. 3 Rak pruhovaný z Vraňansko-hořínského plavebního kanálu (vlevo) a rak mramorovaný. Foto Pavel Vlach (rak pruhovaný), Ulli Bauer (rak mramorovaný)

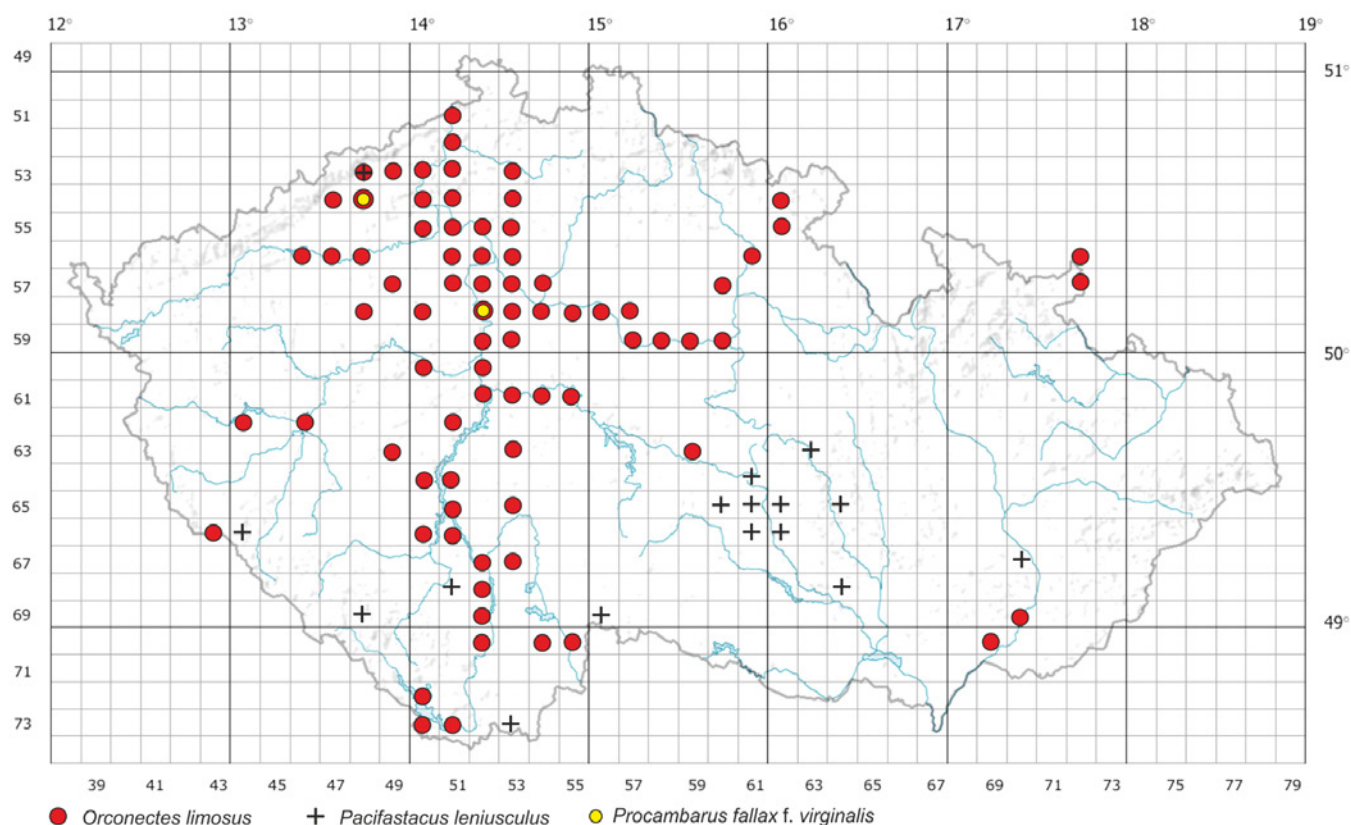
do řady evropských zemí, a tak se dostal rak signální i do České republiky. Byl zde vysazen na řadu rybníků na Moravě a po jejich etablování i na další lokality (Filipová et al. 2006). V současné době se vyskytuje ostrůvkovitě a izolovaně i v řadě vodních toků, např. v potoce Kouba na Domažlicku nebo v Dračici (obr. 4).

JAKÉ PROBLÉMY INVAZNÍ RACI ZPŮSOBUJÍ?

V krátkosti řečeno, invazní druhy raků jsou v konkurenci s našimi druhy výrazně

úspěšnější. V první řadě jsou odolnější vůči znečištění a narušení obývaného biotopu, jak prokázala řada studií (Svobodová et al. 2012, Římalová et al. 2014). Nepůvodní druhy raků mají také výrazně vyšší plodnost; rak kamenáč má u nás maximálně kolem 100 vajíček, rak říční až 250, ale třeba rak pruhovaný přes 400 vajíček a rak signální dokonce více než 700 (Souty-Grosset et al. 2006, Chybowski 2013). Navíc rak pruhovaný se může rozmnožovat dvakrát za sezónu (Souty-Grosset et al. 2006). Invazní druhy raků mají také větší migrační

schopnosti (Bubb et al. 2006) a jsou agresivnější než původní druhy raků (Souty-Grosset et al. 2006). Např. rak pruhovaný při kontaktu s jinými jedinci, ať již vlastního nebo jiného druhu, svého konkurenta imobilizuje tak, že jej klepety drží v poloze nznak podobně jako samec samic při páření (proto se jeví říká pseudomating). V této poloze jej drží často mnoho hodin, dokud nedojde ke smrti poraženého jedince (viz obr. 5). A tak i přesto, že ne všechny populace invazních raků jsou u nás nakažené račím morem (Kozubíková et al. 2009),



Obr. 4 Mapa České republiky s vyznačeným výskytem nepůvodních druhů raků (viz legenda). Upraveno podle Chobot et al. 2012.

v konkurenčním boji jsou (zatím) původní druhy většinou vytlačovány.

Největší hrozbou pro naše raky je ale choroba zvaná **račí mor**, způsobená řasovkou *Aphanomyces astaci* Schikora, 1906 (Perenosporomycota: Saprolegniales). Spory *A. astaci* jsou přenášeny výše uvedenými druhy invazních raků, ale také rybářským vybavením, s převážnými rybami nebo již nakaženými našimi raky (včetně introdukovaného raka bahenního) apod. Setká-li se populace původních evropských druhů s původcem onemocnění, vyhyne v několika týdnech nebo měsících až k nejbližší nepřekročitelné bariéře. Když se spory *A. astaci* usadí na kutikule raků a začnou jí prorůstat, ti na to reagují tvorbou melanizačních skvrn prostřednictvím imunitního systému zvaného ProPO. Evropské (resp. jiné než americké) druhy raků mají nízkou hladinu ProPO, melaninu produkují méně a pomalu; nákazu tak nedokážou zastavit. Americké druhy mají v důsledku dlouhodobé koevoluce s patogenem vysokou hladinu ProPO; onemocnění sice většinou zastaví (pokud jsou v dobré kondici nebo se nejedná o kombinovanou nákazu několika kmenů *A. astaci*), pak se však stávají jeho aktivními přenašeči (Oidtmann et al. 2004). Poprvé se račí mor dostal do Evropy prav-

děpodobně náhodou v polovině 19. století. Prvními ohnisky nemoci byla Itálie a Francie; odtud se postupně do konce 20. století dostal račí mor do většiny evropských zemí (Souty-Grosset et al. 2006).

Při hledání náhrady za zdevastované populace raka říčního a raka kamenáče na konci 19. století se pohled, nepočítáme-li raka bahenního, zastavil až v zámoří na výše uvedených druhích. To, že jsou tito raci zároveň přenašeči račího moru, v té době nebylo známo; vždyť původce onemocnění byl objeven teprve na začátku 20. století. A tak začala druhá vlna epidemií. V současné době existuje několik kmenů patogenu račího moru, přičemž je možné na základě genetických analýz určit, kdo byl původním vektorem konkrétní epizody (Grandjean et al. 2014). Každoročně v Evropě vypukne několik epidemií tohoto onemocnění, které likvidují původní raky v celých říčních systémech. Také na našem našem území způsobil račí mor v posledním desetiletí řadu ztrát (Kozubíková et al. 2008, Kozubíková-Balcarová et al. 2014) a vymírání každoročně pokračuje.

JAK A PROČ SE K NÁM (A DO EVROPY) INVAZNÍ RACI DOSTALI?

Proces, při kterém invazní druh osidluje

sekundární areál, se nazývá **invazní proces**; ten začíná vždy **kolonizací**, následuje fáze naturalizace, tedy fáze intenzivního šíření druhu a jeho pronikání do polopřirozených a přirozených biotopů. Poslední fází je **expanze** neboli šíření do různých biotopů. Ovšem zdaleka ne všechny nepůvodní druhy jsou v tomto invazním procesu úspěšné. Úspěšnější jsou druhy s širokou ekologickou valencí, které dokážou lépe využít stanovištní podmínky v novém areálu. V minulosti i v současnosti úzce souvisela invaze organismů s rozvojem dopravy. Doprava umožnila přepravu nejen osob a zboží, ale i přesun organismů, které se tak dostaly z jejich původního (primárního) areálu na jiná místa na Zemi. Takto nezáměrně se do Evropy v polovině 19. století patrně dostaly první druhy amerických raků a s nimi i první vlna račího moru.

Nicméně na začátku invazí také velmi často bývá **záměrná introdukce**. Jak už bylo řečeno, rak signální byl introdukovan do Evropy proto, aby nahradil slabé nebo vymizelé populace raků původních, a to především do Skandinávie. Je jasné, že jedním z důvodů byl fakt, že raci jsou ve Skandinávii tradiční součástí jídelníčku a jsou tam hojně komerčně chováni a loveni. Stejný důvod vedl také k introdukci raka

pruhovaného do Polska a Německa nebo raka bahenního do řady evropských zemí. Introdukce dalšího invazního druhu, raka červeného *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), do Španělska v roce 1973 už měla ryze komerční charakter – uspokojit vzrůstající poptávku po račím mase.

Ani současný areál raka říčního není zcela přirozený; i tento druh byl uměle chován a pak na mnoha místech vysazován. Mezi světovými válkami byli u nás dokonce vysazováni i jedinci importovaní ze zahraničí (Lohniský 1984). Toto vysazování v podstatě ilegálně pokračuje dodnes, většinou pod záminkou „záchranných transferů“ nebo ve velkoplošných chráněných územích, protože chov raků a reintrodukce nejsou v současné době povoleny (resp. nikdo není držitelem příslušné výjimky podle zákona). Vrátime-li se zpět k nepůvodním druhům ve Skandinávii, je nutné konstatovat, že produkce raků tam zažívá v současné době velkou krizi. Každoročně se opakují masivní úhyny populací původních druhů, způsobené račím morem (většinou v důsledku ilegálních individuálních lokálních introdukcí). Ale ani vlastní chovy raka signálního nejsou bez problémů – zřejmě v rámci ukončení kolonizační fáze tam mají raci signální v současnosti vyšší mortalitu a mnohem méně rostou. I v těchto zemích tak postupně začínají intervence (např. vyšší výkupní cena masa raka říčního), které mají obnovit

chov původních raků. Jinou variantou, jak uspokojit švédské a finské „crayfish party“, je prodej mražených raků červených, např. z Číny (Jussila et al. 2015).

TI, JIŽ ČEKAJÍ NA SVOU ŠANCI

Raci jsou ale importováni nejen z kulturnářských důvodů. V Evropě se vyskytuje také minimálně osm dalších nepůvodních druhů raků (další americké druhy z rodu *Orconectes* a *Procambarus* a australské raci rodu *Cherax*), kteří byli importováni jako velmi atraktivní akvarijní chovanci. Do volné přírody se pak dostali po nezodpovědném vypouštění, ať už se jednalo o nevhodné dárky nebo se majitelům raka v malém akváriu zželelo, a tak se rozhodli poskytnout mu „odpovídající“ podmínky ve volné přírodě.

Tímto způsobem se dostal do Evropy a bohužel i na území ČR rak mramorovaný *Procambarus fallax* f. *virginalis* (Patočka et al. 2016), zřejmě partenogenetický hybrid mezi druhem *Procambarus fallax* (Hagen, 1970) a jiným druhem rodu *Procambarus* (Martin et al. 2016). V roce 2015 byl tento druh v ČR zjištěn na dvou lokalitách, na které byl velice pravděpodobně vysazen z akvaristických chovů (Patočka et al. 2016). I rak mramorovaný může být přenašečem račího moru a jeho potenciální invazní úspěch je zesílen faktem, že se jedná o partenogeneticky se rozmnožující

cího raka, takže může dojít k etablování populace jen z jedné vypuštěné samice. To je důvod, proč je tento druh považován za jeden z nejnebezpečnějších invazních druhů v Evropě (Chucholl 2014, Kotovska et al. 2016).

OCHRANA NAŠICH RAKŮ PŘED INVAZNÍMI DRUHY

Všechny výše uvedené druhy nepůvodních raků jsou uvedeny v národním „černém“ seznamu (rak signální a rak pruhovaný v kategorii BL3) nebo „šedém“ seznamu (rak bahenní); ostatní nepůvodní druhy žijící v Evropě, u nichž hrozí, že se v budoucnu stanou i součástí naší fauny, jsou uvedeny v takzvaném „sledovacím“ (watch list) seznamu nepůvodních druhů (Pergl et al. 2016).

Původní druhy raků se za posledních 15 let staly jednou z prioritních skupin v rámci ochrany přírody. Jejich ochrana u nás je ale diskutabilní a pro řadu odborníků zvenčí nesystematická. Na straně jedné jsou oba původní druhy raků chráněny zákonem č. 114/1992 Sb. (jako zvláště chráněné druhy v kategorii kriticky ohrožené; chráněný je však i nepůvodní rak bahenní, a to v kategorii ohrožený) a nejsou povoleny jakékoliv (komerční) manipulace s nimi, na straně druhé je u nás povolen dovoz živých nepůvodních raků a jejich volný prodej v akvaristikách (Svobodová et al. 2010). Poslední dva přístupy jsou přitom zakázány i v zemích jako je Španělsko, Francie, Irsko, Švédsko, Norsko nebo Polsko (i Velká Británie, Švýcarsko a Řecko s povolenými výjimkami), ve kterých jsou raci komerčně chováni či loveni nebo ve kterých původní raci vůbec chráněni nejsou (Svobodová et al. 2010).

Dalším zajímavým příkladem rozporuplného přístupu budiž naše národní legislativa a nejen střet nejen zájmů, ale také protichůdnost dvou základních právních norem (Pokorná 2011); zatímco zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, výslovně zakazuje vysazování nepůvodních druhů, jiný předpis v gesci Ministerstva zemědělství ustanovení tohoto zákona flexibilně mění dle svých potřeb. Za zmínku stojí některá ustanovení zákona č. 99/2004 Sb., v platném znění, která definují pojem „nepůvodní druh“ takto: „nepůvodní rybou a nepůvodním vodním organismem je geograficky nepůvodní nebo geneticky nevhodná anebo neprověřená populace ryb



Obr. 5 Pseudomating – agresivní chování raka pruhovaného, při kterém samci imobilizují protivníka tak dlouho, dokud nezahyne. Foto Lucian Parvulescu

a vodních organismů, vyskytující se na území jednotlivého rybářského revíru v České republice méně než 3 po sobě následující generační populace“. Logicky tak, dle tohoto zákona, nejsou etablované populace invazních raků „nepůvodním vodním organismem“.

V souvislosti se zmíněnou prioritizací raků v ochraně přírody a s tím souvisejícím nárůstem mapovacích a monitorovacích aktivit došlo v posledním desetiletí k prudkému zvýšení počtu známých populací obou původních druhů. V posledních letech se nicméně tyto počty (tj. asi 50 lokalit obývaných rakem kamenáčem a více než 800 lokalit s rakem říčním) ustálily a nové nálezy jsou vyváženy lokálními extinkcemi způsobenými buď račím morem či epizodickým, periodickým nebo trvalým výrazným zhoršením kvality vody.

Na přetřes přichází opět jedna z typických strategií ochrany druhů – **vysazování raků z důvodu jejich reintrodukce**. Autor tohoto příspěvku byl vždycky odpůrcem této aktivity; důvodem bylo několik skutečností vysazování raků provádějících. Především je nutné počítat s faktem, že málo početné populace raků jsou klasickými metodami obtížně zjistitelné. Jinak řečeno, pokud se na toku nenajdou raci, neznamená to vždy, že tam skutečně nežijí. Vysazení raků na takové lokalitě pak není reintrodukci, ale pouze posilováním stávajících populací.

A protože nízká abundance raků může být často výsledkem dlouhodobě vytvářených vztahů mezi vlastnostmi lokality (např. kvalitou vody, změnou vodního stavu, úživností atd.), je další posilování této populace v podstatě nesmyslné.

Druhý negativní aspekt, související s vysazováním, je spojen s největším nebezpečím pro naše raky – račím morem. V případě, že dojde ke zvýšení počtu toků obývaných raky, riziko přenosu račího moru mezi jednotlivými lokalitami vzroste taktéž.

Na druhou stranu, v roce 2014 se podařilo rychlým zásahem deponovat část populace raka kamenáče z Hrádeckého potoka, a tak ji zachránit před epidemií račího moru. Záchranný transfer mohl být proveden díky tomu, že nákaza byla zjištěna sice náhodně, ale stále včas. Raci jsou stále deponováni v karanténě v Hradci Králové a absolvovali už druhou reprodukční sezónu, při níž zvýšili výrazně svou početnost. Všichni věříme, že už v příštím roce bude moci být tato subpopulace navráćena na původní lokalitu.

Ve světle posledních objevů, tedy především v souvislosti se stále se zlepšujícími metodami odběru eDNA (environmental DNA, tj. fragmenty DNA různých druhů vyskytujících se v prostředí, viz např. Dougherty et al. 2016, Cai et al. 2017 a další) se do budoucna nejeví jako nerealná možnost přesně stanovit, zda lokalita je raky

(a jakými druhy) obývána či nikoliv. Provádění reintrodukcí pak bude smysluplné a bezpečné.

CO BUDE DÁL?

Invazní americké druhy přenášejí račí mor. Díky dlouhodobé koevoluci se tyto druhy „naučily“ infekci *A. astaci* zvládat, zatímco naši raci nebo introdukované australské druhy z rodu *Cherax* (Mrugała et al. 2016) nákaze podléhají. Je tomu tak ale skutečně vždy a beze zbytku? Po Evropě se totiž objevují informace o dlouhodobě přežívajících populacích původních druhů, přestože jsou nakaženy račím morem. Existují např. záznamy o těchto odolných populacích raka bahenního (Svoboda et al. 2012) nebo raka bělonohého (Martín Torrijos et al., 2016). Jedná se pravděpodobně o důsledek koevoluce některých populací s původní genetickou linií *A. astaci*, vyskytující se v Evropě už více než 150 let. Takové populace v současnosti hledáme i u nás. Budou-li existovat tyto odolné populace, které ale budou zároveň přenašeči tohoto onemocnění, budoucnost našich raků lze předvídat (a protože scénářů je několik, nechám „věštbu z koule“ na každém čtenáři). Bude to výhra nad invazními druhy raků nebo naopak těžká prohra?



LITERATURA

- Bubb D. H., Thom T. J. & Lucas M. C. (2006):** Movement, dispersal and refuge use of co-occurring introduced and native crayfish. – *Freshwater Biology* 51: 1359–1368.
- Cai W., Ma Z., Yang C., Wang L., Wang W., Zhao G., Geng Y. & Douglas W. Y. (2017):** Using eDNA to Detect the Distribution and Density of Invasive Crayfish in the Honghe-Hani Rice Terrace World Heritage Site. – *bioRxiv*, 109074.
- Dougherty M. M., Larson E. R., Renshaw M. A., Gantz C. A., Egan S. P., Erickson D. M. & Lodge D. M. (2016):** Environmental DNA (eDNA) detects the invasive rusty crayfish *Orconectes rusticus* at low abundances. – *Journal of Applied Ecology*, 53, 722–732
- Filipová L., Petrusek A., Kozák P. & Polícar T. (2006):** *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) – rak signální, 239–240. – In: Mlíkovský, J. & Stýblo, P. [eds.], *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky ČSOP*, Praha, 496 pp.
- Grandjean F., Vrålstad T., Diéguez-Urbeondo J., Jelić M., Mangombi J., Delaunay C., Filipová L., Rezinciuc S., Kozubíkové-Balcarové E. & Guyonnet D. (2014):** Microsatellite markers for direct genotyping of the crayfish plague pathogen *Aphanomyces astaci* (Oomycetes) from infected host tissues. – *Veterinary microbiology* 170: 317–324.
- Hajer J. (1989):** Americký druh raka v Labi. – *Živa* 37/75: 125.
- Chobot K. et al. 2012.** BioLib. Mapování vybraných druhů bezobratlých v ČR. In: Zicha O. (ed.) *Biological Library* – BioLib. Dostupné: na <http://www.biolib.cz/cz/speciesmapping/id3/> [online] 2012 Dostupné na <http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id130/>
- Chybowski L. (2013):** Absolute fecundity of two populations of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana). – *Archives of Polish Fisheries* 21:357–362.
- Chucholl C. (2014):** Predicting the risk of introduction and establishment of an exotic aquarium animal in Europe: insights from one decade of *Marmorkrebs* (Crustacea, Astacida, Cambaridae) releases. – *Management of Biological Invasions* 5: 309–318.
- Jussila J., Vainikka A., Kortet R., Kokko H. & Makkonen J. (2015):** Active spreading of an invasive species challenges ecosystem-based management of crayfisheries. In: *International Symposium on conservation of Native European Freshwater Crayfish Olot, Girona (Spain) 23–25 September 2015*: 24.
- Kotovska G., Khrystenko D., Patoka J. & Kouba A. (2016):** East European crayfish stocks at risk: arrival of non-indigenous crayfish species. – *Knowledge And Management Of Aquatic Ecosystems*: 37.
- Kouba A., Petrusek A. & Kozák P. (2014):** Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. – *Knowledge And Management Of Aquatic Ecosystems* 413: 05.

- Kozubíková E., Petrusek A., Ďuriš Z., Martin M. P., Diéguez-Urbeondo J. & Oidtmann B. (2008):** The old menace is back. Recent crayfish plague outbreaks in the Czech Republic. – *Aquaculture* 274: 208-217.
- Kozubíková E., Filipová L., Kozák P., Z. Ď., Martin M. P., Diéguez-Urbeondo J., Oidtmann B. & Petrusek A. (2009):** Prevalence of the Crayfish Plague Pathogen *Aphanomyces astaci* in Invasive American Crayfishes in the Czech Republic. – *Conservation Biology* 23: 1204-1213.
- Kozubíková-Balcarová E., Beran L., Ďuriš Z., Fischer D., Horká I., Svobodová J. & Petrusek A. (2014):** Status and recovery of indigenous crayfish populations after recent crayfish plague outbreaks in the Czech Republic. – *Ethology Ecology & Evolution* 26: 299-319.
- Lohnský K. (1984):** Rozšíření raků ve východních Čechách a jeho změny v posledních desetiletích. – *Zpravodaj krajského muzea východních Čech* 2: 5-28.
- Martin P., Thonagel S. & Scholtz G. (2016):** The parthenogenetic Marmorkrebs (Malacostraca: Decapoda: Cambaridae) is a triploid organism. – *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 54: 13-21.
- Martín-Torrijos L., Sandoval-Sierra V. & Diéguez-Urbeondo J. (2016):** Susceptibility of Eu-ropean native crayfish, *Austropotamobius pallipes* to the crayfish plague pathogen, *Aphanomyces astaci*: identification of a high resistant population In: *International Symposium on conservation of Native European Freshwater Crayfish Olot, Girona (Spain) 23-25 September 2015*: 24.
- Mrugala A., Veselý L., Petrusek A., Viljamaa-Dirks S., & Kouba A. (2016):** May *Cherax destructor* contribute to *Aphanomyces astaci* spread in Central Europe? – *Aquatic Invasions*, 11(4), 459-468.
- Oidtmann B., Schaeffers N., Cerenius L., Söderhäll K. & Hoffman R. W. (2004):** Detection of genomic DNA of the crayfish plague fungus *Aphanomyces astaci* (Oomycete) in clinical samples by PCR. – *Veterinary Microbiology* 100: 269-282.
- Patoka J., Buřič M., Kolář V., Bláha M., Petrtýl 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.
- Pergl J., Sádlo J., Petrusek A., Laštůvka Z., Musil J., Perglová I., Šanda R., Šefrová H., Šíma J., Vohralík V. & Pyšek P. (2016):** Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota* 28: 1-37. doi: 10.3897/neobiota.28.4824
- Petrusek A., Pešek P., Leština D., Martin P., Fischer D., Kozák P., & Vlach P. (2017):** Mito-chondrial DNA provides evidence of a double origin for the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* in the Elbe basin. – *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 62, 77-83.
- Pokorná L. (2011):** Nepůvodní druhy ryb ve světle zákona o ochraně přírody. – *Ochrana přírody* 2011: 12-13.
- Římalová K., Douda K., & Štambergová M. (2014):** Species-specific pattern of crayfish distribution within a river network relates to habitat degradation: implications for conservation. *Biodiversity and conservation*, 23(13), 3301-3317.
- Souty-Grosset C., Holdich D. M., Noël P. Y., Reynolds J. D. & Haffner P. eds. (2006).** Atlas of Crayfish in Europe. – *Patrimoines Naturels* 64. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 187 pp.
- Svoboda J., Kozubíková E., Kozák P., Kouba A., Bahadır K. S., Diler Ö., Diler I., Polícar T. & Petrusek A. (2012):** PCR detection of the crayfish plague pathogen in narrow-clawed crayfish inhabiting Lake Egirdir Turkey. – *Diseases of aquatic organisms* 98: 255-259.
- 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.
- Svobodová J., Douda K., Štambergová M., Pícek J., Vlach P. & Fischer D. (2012):** The relationship between water quality and indigenous and alien crayfish distribution in the Czech Republic: patterns and conservation implications. – *Aquatic Conservation Marine And Freshwater Ecosystems* 22: 776-786.
- Vlach P. & Melichar V. (2017):** Příspěvek k rozšíření raka říčního v České republice. *Příroda*, accepted.