

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Fakulta rybářství a ochrany vod

## **Diplomová práce**

František Salou

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Fakulta rybářství a ochrany vod**  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

**Diplomová práce**

Monitoring invazního raka pruhovaného v ÚN Lipno a  
evaluace jeho predace vybranými druhy ryb

**Autor:** Bc. František Saloušek

**Vedoucí diplomové práce:** doc. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.

**Konzultant diplomové:** Ing. Antonín Kouba, Ph.D.; Iryna Kuklina, MSc., Ph.D.

**Studijní program a obor:** Zootechnika, Rybářství

**Forma studia:** Prezenční

**Ročník:** 2. Mgr.

České Budějovice, 2015

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že, v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum

Podpis studenta

Děkuji svému vedoucímu doc. Ing. Pavlu Kozákovi, Ph. D. za odbornou pomoc, metodické vedení, poskytnuté rady, cenné připomínky, odborný dohled a hlavně trpělivost při vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat konzultantům Ing. Antonínovi Koubovi, Ph. D. a MSc. Iryně Kuklině, Ph. D. za hodnotné rady, postupy a pomoc se zpracováním výsledků. Všem pracovníkům univerzity, kteří se podíleli na odlovech a instalacích vrší. Mgr. Marku Šmejkalovi za umožnění přítomnosti u odlovů ryb do tenat a poskytnutí vzorků odlovených ryb. V neposlední řadě bych rád poděkoval své bývalé spolužačce, nynější doktorandce Ing. Pavle Linhartové za pomoc při formátování, úpravě struktury práce a veškerý čas mně věnovaný.

Tato práce byla finančně zajištěna projekty GAČR (P505/12/0545 a P502/12/P177) a MŠMT ČR (CZ.1.05/2.1.00/01.0024).

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Fakulta rybářství a ochrany vod  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. František SALON**  
Osobní číslo: **V11N012P**  
Studijní program: **N4103 Zootechnika**  
Studijní obor: **Rybářství**  
Název tématu: **Monitoring invazního raka pruhovaného v ÚN Lipno a evaluace jeho predace vybranými druhy ryb**  
Zadávací katedra: **Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem diplomové práce bude detailní monitoring invazního raka pruhovaného v ÚN Lipno a evaluace jeho predace vybranými druhy ryb.

V rámci vypracování diplomové práce bude v první řadě zpracována literární rešerše zaměřená na problematiku invazních druhů raků a vzájemné predací chování ryb a raků. Při řešení diplomové práce bude převažovat práce v terénu. Hlavní náplní práce bude sběr vzorků v terénu, a to jednak odlov raků a dále odlov vybraných druhů ryb. Hlavním cílem bude detailně zmapovat výskyt raka pruhovaného v ÚN Lipno, zjistit jeho predaci vybranými druhy ryb a dále vyhodnotit riziko jeho šíření v zájmové nádrži a do vybraných přítoků se zřetelem na ohrožení populací původních druhů raků a z hlediska biodiverzity cenné na území CHKO Šumava.

Tato práce bude finančně zajištěna projekty GAČR (P505/12/0545 a P502/12/P177) a MŠMT ČR (CZ.1.05/2.1.00/01.0024).

Rozsah grafických prací: 10 - 20 stran

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Buřič M., Kouba A., Polícar T., Kozák P., 2009. Invazní druhy raků ve vodách ČR a mechanismy jejich negativního vlivu na původní astakofaunu. Bulletin VÚRH Vodňany 45: 5-16.

Holdich, D.M., Haffner, P., Noël, P., Carral, J., Föderer, L., Gherardi, F., Machino, Y., Madec, J., Pöckl, M., Šmíetana, P., Taugbol, T., Vigneux, E., 2006. Species files. Atlas of Crayfish in Europe. Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noël, P., Reynolds, J.D., Haffner, P. (eds), 49 - 130. Publications Scientifiques du MNHN, Paris.

Holdich, D.M., Reynolds, J.D., Souty-Grosset, C., Sibley, P.J., 2009. A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 394-395: 11.

Kozák, P., Buřič, M., Polícar, T., 2007. Metodika lovu raků. Edice Metodik (technologická řada), VÚRH JU Vodňany, č. 81, 24 s.

Kozák, P., Polícar, T., Buřič, M., Kouba, A., 2009. Základní morfologické znaky k rozlišení raků v ČR (druhé přepracované vydání). Edice Metodik (technologická řada), FROV JU Vodňany, č. 92, 27 s.

Štambergová, M., Kučera, Z., 2009. Celoplošné mapování a monitoring populací raků v ČR. Bulletin VÚRH Vodňany 45: 91-99.


Štambergová, M., Svobodová, J., Kozubíková, E., 2009. Raci v České republice. - 1. vydání. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.**  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultant diplomové práce: **Ing. Antonín Kouba, Ph.D.**  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Datum zadání diplomové práce: **2. prosince 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2013**

  
prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD  
Žitův 728/II  
389 25 Vodňany (2)

  
doc. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.  
ředitel

V Českých Budějovicích dne 3. února 2012

# Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární přehled.....	10
2.1 Rak pruhovaný ( <i>Orconectes limosus</i> ) .....	10
2.1.1 Původní rozšíření raka pruhovaného .....	10
2.1.2 Životní cyklus raka pruhovaného .....	12
2.1.3 Růst a svlékání.....	13
2.1.4 Ekologie raka pruhovaného .....	13
2.1.5 Potrava raka pruhovaného .....	14
2.2 Nepůvodní raci .....	14
2.3 Račí mor .....	15
2.3.1 Původce račího moru.....	15
2.3.2 Životní cyklus parazita .....	16
2.3.3 Hostitelé parazita.....	16
2.4 Hlediska rozšiřování nepůvodního raka pruhovaného .....	17
2.4.1 Adaptační technika napomáhající šíření raka pruhovaného .....	18
2.4.2 Reprodukční strategie.....	18
2.4.3 Migrační schopnosti .....	19
2.4.4 Působení lidské činnosti .....	20
2.4.5 Račí mor .....	20
2.5 Šíření invazivních raků.....	21
2.6 Predátoři raků .....	21
2.7 Interakce mezi raky a rybami .....	22
2.7.1 Působení ryb na raky .....	22
2.7.2 Účinky na litorální společenstva .....	23
3. Metodika.....	24
3.1 Charakteristika zájmového území .....	24
3.2 Metoda odlovu raků.....	24

3.2.1	Odlov za pomoci vrší .....	24
3.2.2	Odlov do ruky za pomoci sítky .....	24
3.2.3	Determinace pohlaví a hodnocení délky hlavohrudí .....	25
3.2.4	Odlov ryb tenaty a udicí .....	25
4.	Výsledky.....	26
4.1	Predace rybami .....	30
4.1.1	Odlov ryb udicí.....	30
4.1.2	Odlovy ryb do tenat.....	33
5.	Diskuze.....	39
6.	Závěr.....	43
7.	Přehled použité literatury .....	44
8.	Přílohy .....	51
9.	Abstrakt .....	67
10.	Abstract .....	68



## 1. Úvod

Prvotní výskyt severoamerického raka pruhovaného v ÚN Lipno byl zaznamenán v roce 2006. Jednalo se o dva dospělé exempláře, samce odchycené na hrázi, která odděluje Malé Lipno od velkého, mezi Černou v Pošumaví a Hůrkou (Beran a Petrusek, 2006). Invazivního raka pruhovaného řadíme mezi chronické přenašeče račího moru, proto můžeme jeho výskyt v této nádrži shledat jako nežádoucí a nešťastný. Zajisté má tato invaze negativní dopad na původní populace raků. Je vysoce pravděpodobné, že se v nádrži vyskytovaly původní populace raků, v tomto případě se zřejmě jednalo o raka říčního, i když jeho výskyt nebyl zcela prokázán. Ačkoliv nebyl jeho výskyt v nádrži recentně potvrzen, lze předpokládat jeho přítomnost přinejmenším v rybnících bývalé račí farmy v Nové Peci těsně sousedící s touto nádrží. Zde je také výskyt raka říčního v rámci vlastní ÚN Lipno nejpravděpodobnější (Kouba a kol., 2011). Přítomnost raka pruhovaného může mít dopad i na chladnější přítoky ÚN. Případné nebezpečí hrozí, až v důsledku rozrůstání populace a osídlením celé nádrže, kdy začne kolonizovat tyto vodní toky. Lze spatřit potenciální nebezpečí ve splouvání Teplé Vltavy a s ním souvisejícími převozy vodáckého vybavení za předpokladu, že pod areálem líhně v Borových Ladách dojde k vytvoření populace raků říčních z chovné genové rezervy. V tomto případě nelze přenesení račího moru z ÚN Lipno vyloučit (Kouba a kol., 2011).

Brán musí být i zřetel na dopad na ostatní složky ekosystému v ÚN Lipno. Invazivní nepůvodní raci často vyvíjí enormní tlak na původní společenstva vodních rostlin. Obdobný vliv mají také na vodní hmyz, měkkýše a vajíčka a vývojová stádia obojživelníků a ryb (Kouba a kol., 2011). Doplnění nebo stěhování druhů raků, vede často k velkým ekologickým důsledkům, k přispění změn v rybích populacích a ztrátě biodiverzity (Lodge a kol., 1998; Covich a kol., 1999). Výskyt raka pruhovaného v těsné blízkosti NP Šumava a v rámci území CHKO Šumava, kde se vodní nádrž nachází, se v této souvislosti jeví jako vážná hrozba z pohledu ohrožených a vzácných vodních rostlin a živočichů. Lipenská přehrada je největší přehradní nádrž v České republice, jde o největší vodní plochu na území České republiky. Je významnou lokalitou pro rekreační pobyt u vody, sportovní rybolov a ostatní vodní sporty. Tím pádem vyvstává určité nebezpečí přenosu račího moru na mokřem rybářském náčiní, ale i na potřebách určených ke sportovnímu využití a umožnit patogenu jeho následné šíření.

Cílem této práce je uskutečnit monitoring rozšíření raka pruhovaného již na dříve zaznamenaných lokalitách výskytu a doplnit ho o území strategicky rozmístěných po celé

délce nádrže. Ratifikovat, do jaké míry sahá početnost expandující populace a jaké může mít dopady na vodní ekosystém, jako celek. Shrnout jestli raci pruhovaní nalézají v ÚN Lipno příhodné podmínky pro život, vzhledem k nadmořské výšce, jaké habitaty upřednostňují, určit stáří a usoudit velikost populace. Předběžně definovat, že za invazí stojí jediná populace, nebo že se skládá z více subpopulací, vytyčit ohniska prvotního vysazení nebo zavlčení druhu. I přes výše víceméně zmíněná negativa a dopady na ostatní druhy rostlin a živočichů, může rak pruhovaný být jednou z nedílných součástí potravního řetězce. Neopomenutelnou skutečností, je i fakt, že rak pruhovaný účinkuje jako potravní složka v potravním spektru nejen ryb, ale i ostatních vodních predátorů. Proto bylo dalším záměrem této práce prokázat, zda je rak pruhovaný požírán dravými rybami, které se ve vodní nádrži vyskytují a zda a v jakém počtu se nachází v trávicím traktu ryb.

## 2. Literární přehled

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

Díky svému vzrůstu se jedná o relativně malý druh raka, obvykle délka těla tohoto druhu nepřesahuje 10 cm. Jsou ovšem popsány případy, kdy celková délka jedince přesáhla 12 cm (Chybowski, 2007). Rak pruhovaný je krátkověkým druhem raka, jeho délka života obvykle činí 2-3 roky.

Zbarvení těla raka pruhovaného je variabilní a může být ovlivněno i prostředím, ve kterém raci žijí (Kouba a kol., 2013). Obvykle bývá tělo raka pruhovaného zbarveno tmavě hnědě až olivově zeleně, s výraznými červenými až hnědočervenými příčnými pruhy na člancích zadečku, které se však někdy mohou rozpadat spíše na menší skvrny (Kouba a kol. 2013). Spodní část těla je zbarvena světle žlutě (Kozák a kol., 2009). Špičky klepet jsou zbarveny oranžově a jsou ohraničeny tmavým proužkem (Holdich a kol., 2006).

Hlavohrud' je poměrně úzká, hladká, ale s nápadnými ostrými trny na bocích před týlní brázdou a těsně za ní (Holdich a kol., 2006; Kouba a kol., 2013). Na hlavohrudi se nachází jeden pár dlouhých postorbitálních lišt (Kozák a kol., 2009). Klepeta jsou malá, na vrchní straně pokrytá malými jamkami, na dotek hladká a obrvená (Kozák a kol., 2009). Klepeta jsou pro raka nezbytná s mnoha zásadními funkcemi, včetně uchycení kořisti a manipulace, obraně proti predátorům, vnějších a vnitřních specifických interakcí a k reprodukci (Stein, 1976). Ztráta klepet snižuje schopnost soutěžit o zdroje a představují nevýhodu ve vnitřních a vnějších druhových interakcích a obraně proti predátorům (Gherardi, 2002).

#### 2.1.1 Původní rozšíření raka pruhovaného

Jedná se původně o severoamerického raka. Jeho přirozeným areálem rozšíření je bezesporu povodí dolního toku řeky Delaware (Rhoades, 1962) na východním pobřeží USA, okolí zálivu Chesapeake Bay ve státech Pennsylvania a Maryland. Dále je rozšířen ve státech Québec, New Brunswick, Vermont, Massachusetts, Rhode Island, New Jersey, New York, Connecticut, Delaware, District of Columbia, Maryland, Pennsylvania, Virginia a West Virginia. Druh byl introdukován do států New Hampshire a Maine (Hamr, 2002, Souty-Grosset a kol., 2006). Do většiny těchto států byl rak pruhovaný pravděpodobně zavlečen člověkem (Kouba a kol., 2013).

### **2.1.1.1 Rozšíření raka pruhovaného v Evropě**

Rak pruhovaný, také známý jako rak americký, byl původně introdukován z řeky Delaware (USA) do rybníka na německo-polské hranici v roce 1890 (Holdich, 2003). Je to jeden z mnoha druhů rodu *Orconectes*, ale pouze jediný úspěšně introdukovaný do Evropy (Hamr, 2002). Od té doby se stal jedním z nejběžnějších druhů a rozšířil se do několika evropských zemí. Do Evropy byli raci pruhovaní poprvé převezeni roku 1890 jako náhrada za původní druhy hynoucí v důsledku račího moru (Štambergová a kol., 2009). Na evropský kontinent byl tento druh pokusně introdukován v počtu 90 jedinců již v roce 1890 na území dnešního západního Polska (Kossakowski, 1966, Kouba a kol., 2013), introdukce měla probíhat do rybníka o velikosti 0,1 ha v obci Barnowko v dnešním Polsku nedaleko německých hranic (Štambergová a kol., 2009). O pět let později odtud byli raci introdukováni do řeky Havel v Postupimi (Německo) a i do dalších oblastí v Polsku (Štambergová a kol. 2009). Rovněž proběhl další introdukční pokus s raky převezenými z New Yorku do Francie, avšak s neúspěšným výsledkem (Štambergová a kol. 2009). Henttonen a Huner (1999), Souty-Grosset a kol., (2006) pojednávají ve svých pracích i o úspěšných sekundárních introdukcích do Rakouska, Německa a Francie. Z počátečního místa introdukce se rak pruhovaný rozšířil s další pomocí člověka i přirozenou migrací napříč celou kontinentální Evropou a nakonec se dostal i na Britské ostrovy (Holdich a Black, 2007). Nyní je znám z tekoucích i stojatých vod minimálně 20 evropských států (Kouba a kol., 2013).

### **2.1.1.2 Výskyt raka pruhovaného na území České republiky**

Nejrozšířenějším nepůvodním druhem v České republice je rak pruhovaný, *Orconectes limosus* (Petrušek a kol., 2006). Do České republiky se dostal pravděpodobně z Německa přirozenou migrací proti proudu řeky Labe (Petrušek a kol., 2006). Jeho přítomnost byla poprvé popsána v literatuře Hajer (1989). Rak pruhovaný byl opakovaně pozorován v řece Labe, v okolí města Ústí nad Labem, přibližně 40 km proti proudu od hranice s Německem. Jeho výskyt v ČR je vázán především na řeky Labe a Vltavu a jejich přítoky (např. Ohře, Jizera, Lužnice, Sázava aj.) a stojaté vody (např. pískovny, rybníky, retenční nádrže) poblíž či vzdálenějším okolí těchto řek (Petrušek a kol., 2006). V současné době se vyskytuje v Labi, Vltavě a jejich přítocích (Bačovka, Berounka, Bílina, Cidlina, Doubrava, Jizera, Kamenička, Linduška, Litavka, Lužnice, Malše, Metuje, Modla, Mrlina, Mže, Ohře, Orlice, Otava, Ploučnice, Poustka, Pšovka, Radbuza, Sázava, Úhlava, Úpa, Úslava, Vlčava, Výrovka) (Petrušek a kol., 2006; Kouba a kol., 2013). Mimo povodí Labe je dnes rak pruhovaný hlášen v ČR ještě na severní Moravě v povodí Odry (Ďuriš a Horká,

2007) a v rybníku u Vracova na jižní Moravě (Kouba a kol., 2013). Za výskyt v přehradách vltavské kaskády vděčí pravděpodobně lidské činnosti (Beran a Petrušek, 2006; Petrušek a kol., 2006).

### **2.1.2 Životní cyklus raka pruhovaného**

Páření u raka pruhovaného probíhá stejně jako u původních evropských druhů na podzim (Holdich a kol., 2006). Samice ale nekladou po podzimním páření vajíčka tak jako evropské druhy, nýbrž si spermatofory samců uchovávají v uzpůsobené tělní dutině na spodní straně těla (Vogt, 2002, Kouba a kol., 2013) a vyčkávají na druhé jarní období páření. Kouba a kol. (2013) ve své publikaci prezentuje názor, že v některých případech bylo pozorováno páření i v průběhu zimního období. S prvním jarním oteplením zpravidla nastává jarní páření. Toto období je přerušeno až ukončením aktivity samic a kladením vajíček obvykle v období dubna až května (Hamr, 2002, Kozák a kol., 2009). Význam dvojího termínu páření není zcela jasný, ale pravděpodobně je součástí velice plastického systému rozmnožování tohoto druhu, jako pojistka reprodukce i při nepříznivých podmínkách prostředí (Kouba a kol., 2013). Samice jsou totiž schopné produkovat potomstvo jak v případě páření pouze na podzim, tak i v případě, že se spářily pouze na jaře (Buřič a kol., nepublikovaná data, v Kouba a kol., 2013). Buřič a kol., (2011) přispěli se zjištěním, že byla u samic raka pruhovaného objevena schopnost produkovat potomstvo bez přispění samců – partenogeneticky- v situaci, kdy neměla samice možnost se spářit se samcem. Rak pruhovaný je zatím jediným známým druhem v rámci řádu desetinožců, u něhož byl tento typ rozmnožování prokázán (Kouba a kol., 2013). Jedná se o takzvanou fakultativní partenogenezi. Tento typ rozmnožování není u zvířat nijak zvlášť vzácný, klonální a pohlavní rozmnožování se pravidelně střídají u některých bezobratlých skupin, například u vířníků, perlooček či koryšů.

Plodnost raka pruhovaného se pohybuje v rozmezí 100 – 400 vajíček v závislosti na velikosti samice (Stucki, 2002, Kozák a kol. 2006). Vzhledem ke své velikosti má rak pruhovaný velmi vysokou plodnost, která může často přesáhnout 400 vajíček (Holdich a kol., 2006, Kozák a kol., 2013) jejíž velikost je 1,5-2 mm (Kozák a kol., 2006). U amerických populací byly zaznamenány samice až s 600 vajíčky ve snůšce (Štambergová a kol., 2009). Nicméně plodnost je vysoce variabilní a přímo závislá na velikosti samice (Kouba a kol., 2013).

Díky kladení vajíček samicemi až po jarním období páření, je tak doba inkubace na rozdíl od ostatních druhů u nás zkrácena o celé zimní období (Kozák a kol., 2006). Rak

pruhovaný se vyhýbá dlouhé rizikové inkubaci přes zimní období a zkracuje tak inkubační dobu na pouhých 40 až 50 dnů (Kozák a kol., 2006). Naše původní druhy raků inkubují vajíčka přes celé zimní období, čímž dochází k daleko větším ztrátám. Ráčata se líhnou v červnu až červenci (Kozák a kol., 2006) v I. vývojovém stádiu jsou pomocí háčků připevněna na pleopodech samice, na které jsou plně závislá. Za velice krátkou dobu, v rozmezí 2-4 dní, probíhá u ráčat první svlékání, po celou tuto dobu jsou stále pevně přichycena na pleopodech samice. I. vývojové stádium trvá pouze 1-2 dny a II. vývojové stádium, trvá jen 3-5 dnů (Kouba a kol., 2013). Do III. vývojového stádia se ráčata svlékají zhruba týden po vylíhnutí. V tomto stádiu už nejsou přímo závislé na matce, volně se pohybují a aktivně vyhledávají potravu (Andrews, 1907).

### **2.1.3 Růst a svlékání**

Zatímco vnitřní fyziologický růst je nepřetržitý, rychlé zvýšení hmotnosti a délky těla nastane jen v období po svlékání. Přírůstek mezi jednotlivými svlékáními je proměnlivý. Tempo růstu je odlišné v závislosti na druhu raka, na pohlaví a zároveň na individuální schopnosti raků (Kozák a kol., 2013). Obecně můžeme hovořit o tom, že s postupujícím věkem se snižuje i rychlost růstu. Růst korýšů může být buď izometrický nebo alometrický, kdy některé části těla rostou rychleji než ostatní (Kozák a kol., 2013). Izometrický růst je dobře patrný především u juvenilů. U raků je alometrický růst abdomenu a klepet jedním z projevů sexuálního dimorfismu. U mnoha druhů raků je růst abdomenu juvenilních jedinců a samců veskrze izometrický, zatímco abdomen samic vykazuje od období před pohlavním dospíváním pozitivní alometrii ve smyslu jeho větší šířky. Naproti tomu růst klepet je izometrický u juvenilních jedinců a u samic, zatímco u samců se stupeň alometrie při svlékání před pubertou zvyšuje (Kozák a kol., 2013). Tato rozdílnost růstu má i komerční dopad, jelikož samci mají oproti samicím více svaloviny v klepetech a naopak méně v abdomenu (Kozák a kol., 2013). Bylo zjištěno, že regenerovaná klepeta (regeneráty), rostou rychleji než původní klepeta. Tento trend se vyskytuje u reprodukčně schopných i nereprodukčně schopných samic a samců raka pruhovaného (Buřič a kol., 2009).

### **2.1.4 Ekologie raka pruhovaného**

Rak pruhovaný nemá vysoké požadavky na své stanovištní vody (Ďuriš a kol., 2013). Je dobře přizpůsobený životu v trvale tekoucích i stojatých vodách (Henttonen a Huner, 1999). Převážně se vyskytuje ve větších tocích, může však obývat i chladnější, rychleji proudící toky (Kozák a kol., 2009). Teploty okolo 20 °C a více jsou optimální (Ďuriš a kol., 2013). Preferuje spíše bahnitá dna s vrstvou sedimentu, s dostatkem úkrytů. Bylo zjištěno, že

je vysoce odolný i vůči mědi v koncentracích několika miligramů na litr vody (Laurent, 1973). Pro ostatní raky je tato koncentrace toxická (Ďuriš a kol., 2013). Je extrémně odolný vůči znečištění a nedostatku kyslíku (Ďuriš a kol., 2013). V porovnání s našimi původními druhy raků vykazuje vyšší toleranci ke snížené koncentraci kyslíku ve vodě a k eutrofním a znečištěným vodám (Füeder a kol., 2006). Raci pruhovaní byli nalezeni nejen ve sladkých vnitrozemských vodách, ale také ve vodách brakických při salinitě vody do 10 ‰ (Ďuriš a kol., 2013).

### **2.1.5 Potrava raka pruhovaného**

Potrava raků obsahuje širokou škálu složek, jež zahrnuje především vodní makrofyta, řasy, detrit a vodní bezobratlé (Goddard, 1988). V průběhu růstu a vývoje je patrný posun ve volbě potravy, kdy mladší jedinci raků preferují spíše živočišnou složku, později přechází na schopnost konzumovat i rostlinou složku, vyšší rostliny a detrit. Přirozeně se vyskytující populace introdukovaných druhů raků redukuje a ovlivňuje druhovou bohatost vodních makrofyt, řas a společenstev vodních bezobratlých, eliminují původní populace raků a hrají mnohdy určující roli napříč potravními kaskádami vodních ekosystémů (Souty-Grosset, 2006, Nyström, 2002, Vojtkovská a kol., 2012). Vojtkovská a kol., (2012) v závěru svého výzkumu uvádějí, že invazivní raci pruhovaní se ve výběru potravy výrazně neliší od našich původních druhů raků a jsou jejich významnými konkurenty. Z hlediska frekvence výskytu potravních složek se jedná o všežravce, se srovnatelným zastoupením rostlinné složky potravy, živočišné složky a detritu. Kvantitativně v žaludcích raků převažoval detrit, živočišná složka byla objemově zastoupena nejméně (Vojtkovská a kol., 2012). Potravní částice do velikosti 4 mm rak pruhovaný pohlcuje vcelku či jen nepatrně zpracované ústním aparátem (Vojtkovská a kol., 2012).

## **2.2 Nepůvodní raci**

Ve většině částí světa jsou nepůvodní druhy první nebo druhou nejvýznamnější hrozbou pro sladkovodní biologickou rozmanitost a ekosystémové funkce (Sala, 2000). V mnoha zemích jsou raci vysoce ceněni jako potravina a jsou proto základem rekreačního nebo komerčního rybolovu (Lodge, 2000). Volně žijící populace jsou proto řízeny, úlovky jsou regulovány a některé druhy jsou všeobecně kultivovány (Lodge, 2000). Původní druhy raků v Evropě jsou stále žádanými tržními komoditami a jsou odlovováni i chováni v akvakulturách (Kozák a kol., 2009). Větší podíl na trhu ovšem zaujímají nepůvodní druhy raků, jde především o raka signálního a raka červeného (Skurdal a Taugbøl, 2002). Ve Skandinávii a Louisianě, je například hodování na racích kulturní ikonou (Lodge, 2000). V některých oblastech Evropy,

opět např. ve Skandinávii, jsou raci významnou důležitou rekreační aktivitou (Jussila a Mannonen, 2004; Nylund a kol., 1993; Unestam, 1973). Raci tedy představují důležitou roli v mnoha společenstvích, zcela mimo jejich biodiverzační hodnoty a role v ekosystémech.

Raci představují jedny z velikostně největších jedinců, ve skupině bezobratlých, v mnoha sladkovodních stanovištích. Jsou významnou skupinou živočichů, vyskytující se v celé řadě vodních ekosystémů, ve kterých velmi často plní klíčovou ekologickou roli. Jejich rozšíření je celosvětové (s výjimkou Antarktidy a indického subkontinentu) a obývají široké spektrum ekosystémů, jako jsou jezera, řeky, potoky, zatopené lomy nebo vodní toky jeskynních systémů (Kozák a kol., 2009). Zatímco pasivní transport a celkové rozptýly výskytů jsou menší než pro mnohé menší sladkovodní taxony, raci se snadno rozptýlí podél vodních toků a některé druhy vykazují suchozemský pohyb ve vlhkých podmínkách (Lodge, 2000). Doplnění nebo stěhování druhů raků, vede často k velkým ekologickým důsledkům, k přispění změn v rybích populacích a ztrátě biodiversity (Lodge a kol. 1998a; Covich a kol. 1999). Toto platí i v případě farmových chovů. Pokud z nich dekapodi uniknout, jejich útěk nevyhnutelně povede ke změnám v přírodních společenstvech a ekosystémech a zejména bude mít vliv na jejich domorodé populace (Reynolds, 2011).

## **2.3 Račí mor**

Račí mor je asi nejznámější a pravděpodobně nejničivější onemocnění raků, kteří nejsou severoamerického původu (Kozubíková a Horká, 2013). Původce račího moru *Aphanomyces astaci* byl dokonce zařazen na seznam 100 nejhorších invazivních organismů v Evropě (Vila a kol., 2009) i na Zemi (Lowe a kol., 2004). Je nejznámější nemocí raků, která způsobila vymření mnoha populací původních evropských druhů raků (Söderhäll a Cerenius, 1999). Diéguez-Uribeondo (2006) uvádějí, že postupné vymírání původních zbytkových populací evropských druhů raků pokračuje nadále i v současnosti, jsou zaznamenány i úhyny na území České republiky (Kozubíková a kol., 2006; Kozubíková a kol., 2007; Kozubíková a kol., 2008).

### **2.3.1 Původce račího moru**

Račí mor je nemoc způsobována parazitem *Aphanomyces astaci* ze skupiny Oomycetes (Söderhäll a Cerenius, 1999). České pojmenování hnileček račí (Cejp, 1959) není vžitý a tento název se téměř nepoužívá. Organismy ze skupiny Oomycetes se sice podobají pravým houbám, tím, že vytvářejí vlákna (hyfy) rostoucí v substrátu, ale hypoteticky jsou bližší hnědým řasám či rozsivkám (Cavalier-Smith a Chao, 2006).



### 2.3.2 Životní cyklus parazita

Životní cyklus *Aphanomyces astaci* je velmi prostý a zahrnuje na rozdíl od mnohých příbuzných oomycetů pouze nepohlavní rozmnožování, pomocí tzv. zoospor (Cerenius a kol., 1988). Parazit prorůstá do kutikuly, eventuálně do celého těla raků, zde vytváří rozvětvené mycelium. Zoospory se uvolňují ze sporangií vzniklých na koncích hyf, které vyrůstají z těla raka zpět do vody. Sporangia mají vzhled typický pro celý rod *Aphanomyces*, jde o tzv. *spore balls*, čili kulovité shluky zacystovaných primárních spor, které drží u sebe a později se z nich uvolní vlastní infekční stadia, zoospory (Johnson a kol., 2002). Ty mají průměr okolo 10 μm a jsou opatřeny dvěma bičíky (Kozubíková a Horká, 2013). Jsou schopné se chemotakticky pohybovat směrem ke zdroji živin (Cerenius a Söderhäll, 1984a). Při nalezení nového hostitele se zoospora přichytí na povrch jeho těla, odvrhne bičíky, zakulatí se a vytvoří se buněčná stěna. Vzniklá cysta pak klíčí, vlákno prorůstá do kutikuly raka a vzniká nové mycelium, tímto se životní cyklus uzavírá (Kozubíková a Horká, 2013). Jestliže se ale cysta nachází na těle jiného hostitele než raka, které není pro její růst optimálním substrátem, je schopná opět se přeměnit zpět na pohyblivou zoosporu. Cerenius a Söderhäll (1984b) poukazují na to, že tato změna může proběhnout až třikrát, čímž je prodloužena doba na vyhledání nejvhodnějšího hostitele, tedy raka.

### 2.3.3 Hostitelé parazita

Výše v textu již bylo zmíněno, že původce račího moru napadá především raky. Toto tvrzení ale samo o sobě neznamená, že by původce nemohl působit nebo napadat jiné vodní organismy. Dosud nikdy nebylo zjištěno, že by račím morem byli nějak ovlivněni např. blešivci, berušky či planktonní korýši, kteří se běžně vyskytují ve stejných habitatech jako raci (Kozubíková a Horká, 2013). Zatím však není úplně jasné, jestli parazit může infikovat další desetinohé korýše, např. sladkovodní krevety či kraby (Kozubíková a Horká, 2013). Svoboda (2011) podává tvrzení, že kvůli nedostatku přesvědčivých důkazů o parazitaci jiných organismů a absenci literatury, která by se týkala a pojednávala o přenosu *A. astaci* takovými organismy, jsou raci až na výjimky považováni jako jediní přirození hostitelé *A. astaci*.

#### 2.3.3.1 Severoameričtí raci jako hostitelé

Severoameričtí raci jsou k nákaze obecně mnohem odolnější a parazit u nich obvykle nezpůsobuje onemocnění (Unestam, 1969). Je to díky rychlé a silné imunitní reakci na *A. astaci* u těchto raků, která umožňuje výrazně omezit růst parazita v kutikule a nedovolí mu prorůst dále do těla (Cerenius a kol., 2003). Parazit ovšem dále přežívá a má schopnost se rozmnožovat, což napomáhá dalšímu šíření infekce na další hostitele uvolněnými zoospory.

Mezi severoamerickými raky a *A. astaci* se tedy dá hovořit o relativně vyrovnaném vztahu, jenž je důsledkem dlouhodobé společné evoluce parazita a jeho hostitelů (Kozubíková a Horká, 2013). Koevoluce severoamerických raků a patogenu dospěla k vytvoření rovnovážného stavu (Söderhäll a Cerenius, 1999; Diéguez-Uribeondo a kol., 1995; Huang a kol., 1994). K hromadnému úhynu těchto raků v souvislosti s nákazou totiž dochází pouze za výjimečných situací, kdy jsou raci z nějakého jiného důvodu oslabeni (Cerenius a kol., 1988). Infikovaní severoameričtí raci ale často fungují jako chroničtí přenašeči nákazy (Kozubíková a Horká, 2013).

### **2.3.3.2 Evropští, asijsí a australští raci jako hostitelé**

Pokud toto onemocnění postihne některého raka původem z Evropy, Asie a Austrálie končí úhynem napadeného jedince (Unestam, 1969). Evropské druhy, ale i japonské vykazují nízkou rezistenci vůči této nákaze, a po infekčním napadení morem, dochází s největší pravděpodobností k vymření celé populace (Taugbol, 2004). Podobnou citlivost jako evropské druhy projevují i raci z Austrálie a Nové Guiney, proto se označují jako citlivé (Svoboda, 2011). Imunitní obranné reakce jsou totiž zřetelně pomalejší a parazit není omezen jen v kutikule. Prorůstá do těla těchto raků, kde napadá i nervové tkáně a vnitřní orgány, čímž raka rychle zahubí (Alderman a kol., 1987). Onemocnění je vysoce infekční a vzhledem k potenciálu devastovat celé populace raků bylo nazváno račí mor (Kozubíková a Horká, 2013). Nejnovější poznatky, které přinášejí např. Jussila a kol., (2011b); Kozubíková, (2011) naznačují, že sice ač vzácně existují výjimky, kdy raci původem ze severní Evropy, Rumunska, Turecka zjevně přežívají infekci parazitem po mnoho delší dobu, někdy dokonce i v řádu měsíců, protože i u zdravých jedinců odchycených ve volné přírodě byl patogen detekován.

## **2.4 Hlediska rozšiřování nepůvodního raka pruhovaného**

Rak pruhovaný se stal v Evropě úspěšným invazivním druhem, je velice dobře biologicky vybaven pro rivalitu s autochtonní astakofaunou. Vzhledem k jeho plastičtějšímu životnímu a reprodukčnímu cyklu má lepší předpoklady pro kolonizaci volných evropských habitatů. Jeho vyšší adaptabilita umožňuje jeho další šíření a svým tlakem formuje stávající lokality výskytu původní astakofauny, vytlačuje původní raky ze svých přirozených stanovišť. Toto jim velice ulehčuje přenos račího moru na původní populace raků a napomáhá k jejich postupné decimaci. K šíření nepůvodních raků, tedy i raka pruhovaného, a zhoršování dopadů jejich přítomnosti navíc výrazně napomáhá ruka člověka, a to přímo vysazováním nepůvodních druhů i nepřímo ovlivňováním životního prostředí (Ďuriš a kol., 2013).

#### **2.4.1 Adaptační technika napomáhající šíření raka pruhovaného**

Mezi přizpůsobovací mechanismy projevující se přemírou afektivity patří **aktivita** a **agresivita**. Vyšší aktivita a agresivita do značné míry ovlivňují úspěšnost druhu v kompetici s jedinci druhu jiného zejména o potravní zdroje i úkryty a může je zvýhodňovat při přímých interakcích- soubojích (Ďuriš a kol., 2013). Výsledkem vysoké aktivity jednoho druhu může být často nedostatek potravních zdrojů pro druh méně aktivní (Holdich a kol., 2009). Větší agresivita má za následek dosažení a zabránění vhodnějších útočišť a zdrojů potravy. Agresivnější jedinec bude pravděpodobně i úspěšnější v kompetici o úkryty, a to i v případě, že je úkryt již obsazen (Ďuriš a kol., 2013). Přímé agresivní interakce menšího raka pruhovaného s rakem říčním či kamenáčem by pravděpodobně byly závislé na velikosti soupeřů, nicméně pouze přítomnost raka pruhovaného dokáže významně změnit chování raka říčního (Ďuriš a kol., 2013). Původní populace, které nejsou schopny trvalé konkurence s nepůvodními druhy, se mohou stahovat na jiná méně výhodná místa, mohou být pod větším predáčním tlakem ryb či jiných predátorů i samotných nepůvodních druhů, což může v konečném efektu vést k zániku dané populace (Gherardi, 2007, Ďuriš a kol., 2013).

#### **2.4.2 Reprodukční strategie**

U raků existují dva odlišné modely reprodukce a růstu v závislosti na jejich životní strategii (Ďuriš a kol., 2013). Raci pocházející zejména ze subtropických oblastí rostou kontinuálně a vykazují tzv. r-strategii s rychlým pohlavním dospíváním, vysokou plodností, ale většinou kratší délkou života. Oproti tomu tzv. K-strategové se u raků vyznačují obvykle pomalejším sezónním růstem, který je způsoben průběhem teploty vody (Ďuriš a kol., 2013). Mezi r-strategy u nás řadíme zejména příslušníky čeledi Cambaridae (Ďuriš a kol., 2013), kam také řadíme raka pruhovaného. Srovnáme-li tuto čeleď s původními evropskými druhy raků, můžeme pozorovat, že se mohou již v polovičním stáří úspěšně reprodukovat a produkovat stejné či větší množství potomstva. Plodnost (průměrná i maximální) je navíc u nepůvodních druhů významně vyšší než u druhů původních (Ďuriš a kol., 2013). V případě raka pruhovaného můžeme mluvit o perfektním přizpůsobení pro invaze, neboť samice tohoto druhu jsou schopny reprodukce i bez účasti samců (Ďuriš a kol., 2013). U raka pruhovaného můžeme hovořit o fakultativní neboli „příležitostné“ partenogenezi. Všichni partenogeneticky vzniklí potomci nesou genetickou informaci totožnou s mateřskou, a proto se jedná o apomiktickou partenogenezi (Groot a kol., 2003). V řádu desetinožců je výjimečná, rak

pruhovaný je teprve druhým známým druhem schopný této alternativní strategie rozmnožování (Ďuriš a kol., 2013).

### 2.4.3 Migrační schopnosti

Rychlý nárůst abundance nepůvodních druhů vede k přemnožení a k vyčerpání nosné kapacity prostředí (Ďuriš a kol., 2013). Pokud populace pocítuje nedostatek základních zdrojů, začíná se rychle šířit směrem k hodnotnějším životním podmínkám. V první řadě jde hlavně o kvalitnější a dostupnější potravní zdroje. Není to proces skokový, ale kontinuální, který s hustotou populace sílí (Ďuriš a kol., 2013). Způsobilost kolonizovat nové biotopy je u invazivních raků poměrně vysoká, odlišuje se mezi jednotlivými druhy. Obecně lze říci, že migrační schopnosti jedince jsou mnohem vyšší než rychlost šíření celé populace (Ďuriš a kol., 2013). Někteří jedinci mohou denně urazit i stovky metrů (Buřič a kol., 2009b).

Osídlování toků lze relativně dobře vyjádřit počtem kilometrů, o které se daná populace posunula za jeden rok (Ďuriš a kol., 2013). Poměrně značné rozdíly potom můžeme vidět v hodnotách migrace po a proti proudu vodního toku (Ďuriš a kol., 2013). Jedinci raka pruhovaného jsou schopni urazit i 100 metrů za den a to jak směrem po proudu, tak i proti proudu (Buřič a kol., 2009b). To je vzhledem k velikosti raka pruhovaného úctyhodný výkon, nicméně v porovnání s ostatními druhy není nijak výjimečný (Ďuriš a kol., 2013). U raka pruhovaného byla navíc zjištěna periodická migrace z velkého toku do drobných chladnějších přítoků a zpět (Buřič a kol., 2010). Tyto přítoky mu dlouhodobě nevyhovují, a tak je využívá zřejmě pouze jako bezpečné stanoviště před predátory či z hlediska příznivějších životních podmínek (potrava, kyslík) během vegetační sezóny (Ďuriš a kol., 2013). Zde ovšem vyvstává nebezpečí pro původní druhy raků, v důsledku šíření račího moru.

Mechanické bariéry a fragmentační prvky v toku nečiní, kvůli působení lidského faktoru, dostačující zábranu v nechtěném šíření. Antropogenní vliv je tedy poměrně značný a velkou měrou působí na šíření račího moru, čím znehodnocuje nejen původní populace raků, ale také ohromnou hrozbu pro biodiverzitu vodních ekosystémů a jejich následného fungování.

#### **2.4.4 Působení lidské činnosti**

Đuriš a kol., (2013) uvádějí, že největším nebezpečím byl, je a pravděpodobně zůstane člověk. Ten byl na počátku všech introdukcí, ať už z důvodu čistě komerčních nebo s dobrým úmyslem, jak nahradit račím morem zdecimované populace původních druhů.

Toto působení nezahrnuje jen vysazování nepůvodních druhů raků, ale také působení na vodní ekosystémy, kdy velkou měrou přispěl ke změnám a často i k znehodnocení životního prostředí. Lidský faktor se může bezpochyby podepsat pod znečištění a mnohdy až nesmyslných úprav toků, výstavbu vodních propojovacích kanálů nejen mezi toky, ale i povodími. Zejména využití vodních zdrojů, změny vodního prostředí (znečištění, stavební úpravy) nebo zanášení toků, kvůli nevhodnému způsobu obhospodařování půdy či intenzivnímu rybníkářství, vytváří méně vhodné prostředí pro původní druhy, ale stále ještě přijatelné pro druhy nepůvodní (Lindqvist a Huner, 1999). Neinformovanost lidské veřejnosti způsobuje nemilé dopady a problémy spojené se šířením nepůvodních invazivních druhů. Lidé v domněnku dobrého úmyslu přesouvají, zachraňují nebo se snaží pomoci rakům, kteří jsou v danou chvíli vystaveni nějakému omezení, či nějakým způsobem indisponování, mnohdy však nerozlišují, o který druh raka se jedná. Toto někdy až přehnané úsilí má až fatální následky a nevratné změny. Přenosem nepůvodních raků ohrožují izolované populace autochtonních druhů, ke kterým by se alochtonní druhy přirozenou cestou nedostaly (Đuriš a kol., 2013).

Nehledě na výčet předpokladů, které předurčují některé nepůvodní druhy být úspěšnější než druhy původní, je lidská činnost a její postupné důsledky stále prokazatelně nejdůležitějším mechanismem podporujícím šíření alochtonních druhů (Đuriš a kol., 2013). Ekonomické, sociologické a demografické proměnné reflektují intenzitu lidské činnosti a zapojují efekt faktorů, které přímo determinují výsledek invaze, jakými jsou introdukční úsilí (vyjadřovaný jako počet introdukovaných jedinců na lokalitu), způsoby introdukce (legální, ilegální, nahodilá, náhodná, cílená), eutrofizace a intenzita antropogenního znečištění – narušení prostředí (Pyšek a kol., 2010; Perdikaris a kol., 2012; Đuriš a kol., 2013).

#### **2.4.5 Račí mor**

Pakliže jsou významným aspektem šíření alochtonních druhů jejich migrační schopnosti, jejich význam roste v případě, kdy jsou migrující jedinci zároveň přenašeči račího moru (Đuriš a kol., 2013). V případě zasažení původní populace račím morem, dochází

k jejímu vyhynutí, což znamená uvolnění bentických nik a možnost osídlení nepůvodními druhy. Toto osídlení probíhá v mnohem rychlejším čase. To znamená, že nedojde ke konfrontaci původního a nepůvodního druhu a k jejich případné koexistenci. Volné přirozené habitaty raků (vyprázdněné právě následkem račího moru) v počátcích výrazně napomohly šíření nepůvodních druhů a zároveň byly paradoxně důvodem, proč byly nepůvodní druhy do Evropy introdukovány (Ďuriš a kol., 2013).

## 2.5 Šíření invazivních raků

Za velmi závažný aspekt přenosu invazivních raků, můžeme považovat přenos prostřednictvím lidské činnosti. Tyto činnosti můžeme rozdělit na **záměrné** – např. vysazování raků v rámci „oživování“ různých vodních prvků v zahradách i ve volné krajině, v rámci zvyšování atraktivity potápěčsky využívaných lokalit či vypouštění nechtěných jedinců akvaristy, kteří si raky koupí v obchodě a z různých důvodů je nemohou či nechtějí dále chovat a **nezáměrné** – např. činnost rybářů, kdy raky nechtěně přenesou s rybí násadou (Svobodová a kol., 2010). Mezi činnosti způsobující šíření nepůvodních raků patří import živých raků, a to jak z mimoevropských států, tak i ze států Evropy, převoz mezi povodími a prodej nepůvodních raků (Svobodová a kol., 2010).

## 2.6 Predátoři raků

Raci jsou sice vůči predátorům chráněni tvrdým a bytelným krunýřem, přesto je ale ohrožuje značné množství vodních i suchozemských živočichů. Nejvíce ohrožená a zranitelná jsou juvenilní stádia a raci v období bezprostředně před a po svlékání. Významný je i příležitostný kanibalismus jak mezi ráčaty navzájem, tak ze strany dospělců vůči ráčatům, ale i napadání a konzumace čerstvě svlečených dospělců raky stejného druhu (Ďuriš a kol., 2013). Hager (1996) řadí mezi nejvýznamnější predátory a konzumenty raků úhoře, pstruha, okouna, jelce tlouště a kapra. Kromě již zmiňovaných druhů ryb se raky živí také štiky, mníci, sumci, plotice, mřenky, vranky, hrouzci, ostroretky, líni, parmy, siveni a lipani (Štěpán, 1932-33).

Štěpán (1932-33) dále uvádí, že z teplotokrevných živočichů raky vyhledává vydra říční, norek americký a dokonce i ondatra pižmová. Na území ČR z jihozápadní oblasti Čech je zdokumentován predační tlak norka amerického na populace raka kamenáče (Ďuriš a kol., 2013). Podle nalezených zbytků raků bylo odhadnuto, že norek ročně uloví na 7 km úseku 8 000-36 000 jedinců (Fischer a kol., 2004). Z ptáků raky konzumují zejména druhy vyskytující se poblíž vod, například volavka popelavá, čápi nebo ledňáček říční. Predátory raků však

mohou být i např. vrána obecná či puštík obecný (Hogger, 1988). Štěpán (1932-1933) uvádí predaci racky, zejména juvenilních jedinců při vypouštění rybníků před výlovem.

## **2.7 Interakce mezi raky a rybami**

V případě sladkovodních společenství, obsahuje soužití raků a ryb určité interakce, které se v příslušných lokalitách vyvinuly jako víceméně rovnovážné. Takové „vyvážení“, představuje proměnlivou rovnováhu ve vztahu k měnícím se stresorům a to včetně aktuálních probíhajících změn klimatu (Reynolds, 2011). Appelberg a kol. (1993) prokázali, že rybí přítomnost zapříčiňuje a má tendenci vyvolat reakci mezi raky, že setrvávají v úkrytech po celý den. Byly popsány odlišné účinky raků na ryby, ty mohou být značně závislé na druhu a použití metody, a účinky raků na populace ryb si zaslouží další zkoumání, lépe porozumět procesům společenství v tocích (Degerman a kol., 2007). Mnoho proudomilných raků vykazuje ontogenetické změny v prostorovém výskytu: juvenilové jsou omezeni na výskyt v mělčinách, kde nacházejí úkryty v detritu a v kamenitých či kořenových systémech, minimalizují predaci větších dospělých nebo dravých ryb. Zatímco adultní jedinci raků jsou spíše omezeni na hlubší partie, preferují hlubší stanoviště, aby zabránili nebo minimalizovali zranitelnosti od suchozemských predátorů. Werner a Hall (1988) publikují, že u sladkovodních ryb a raků je to pravděpodobně výsledkem individuálního rozhodnutí, že minimalizují riziko predace větších jedinců stejného druhu nebo od dravých ryb. Až tito jedinci dosáhnou velikosti, u níž je riziko predace dostatečně nízké, aby byl převážen vysoký potravní potenciál v novém prostředí.

### **2.7.1 Působení ryb na raky**

Rybí druhy a raci na sebe vzájemně působí především v litorálních partiích. V průběhu doby, bylo obecně dosaženo rovnováhy mezi rybami a raky, nicméně stabilní distribuce původních raků a ryb jsou stále méně časté (Reynolds, 2011). Dominantními mechanismy působení mezi rybami a raky jsou především predace a konkurence o úkryty a potravu. Ryby predují především na juvenilních jedincích raků, s velikostí dravce však můžeme zaznamenat predaci i na dospělých jedincích. U raků se spíše setkáváme s konzumací rybích jiker, či juvenilních jedinců ryb. V Evropě bylo dlouho známo, že úhoři se zavrtávají, mezi kameny pro svou bezobratlou potravu, včetně malých raků, ale dnes už víme, že okoun, pstruh a zejména štika jsou vážnými predátory raků (Reynolds, 2011). Nicméně tyto druhy ryb mohou žít společně s raky, a to i v případě, že kompetice jsou nerovnoměrné. V dnešní době je situace ale o mnoho složitější, zapříčinění přináší introdukované druhy nejen raků, ale i ryb.

Introdukovaní raci obecně dosáhnou větší density než původní druhy a mohou je nahradit, a to buď prostřednictvím konkurence, nebo přenosu račího moru. Introdukovaný nebo uniklý organismus, změní přírodní ekosystémy různými prostředky, včetně zvýšení predační příležitosti. Takže lov pro štiky, okouny a jiné ryby může být zlepšen přítomností nepůvodních druhů raků, jako doplňkové krmivo (Reynolds, 2011).

### **2.7.2 Účinky na litorální společenstva**

Existují také účinky na litorální společenstva. Reynolds (2011) uvádí, že další interakce s habitaty a společenstvy, v konečném důsledku ovlivňují biologickou rozmanitost. Introdukované druhy mají široce se měnící životní historii a ekologické vlivy. Nicméně ekologický dopad není vždy předvídatelný. Součástí těchto komplexností má svůj původ z ontogenetických změn stanovišť, zdokumentovaných pro širokou škálu bezobratlých druhů a obratlovců (Harrison a kol., 2006). Invazivní ryby nebo raci obvykle dominují v nových střetnutích s původní faunou, toto střetnutí, může vést až k následku vyhlazení v průběhu času.



### **3. Metodika**

Monitoring invazivního raka pruhovaného probíhal v letech 2012 a 2013. Nejprve byly, po pečlivém zvážení, vybrány lokality, víceméně navazující na oblasti dřívějších zaznamenaných nálezů a doplněny o území, strategicky rozmístěných po celé nádrži. V těchto monitorovacích místech byly provedeny celkem 2 způsoby sběru vzorků. Ve třech lokalitách se jednalo o odchyt, za pomoci vrší, v ostatních lokalitách bylo využito k odchytu raků rukou, za pomoci sít'ky (obr. č. 1). Vlastní odlovy probíhaly v průběhu vegetačního období.

#### **3.1 Charakteristika zájmového území**

Vodní nádrž Lipno I se nachází na jihozápadě jižních Čech na vnitřním svahu dolní části Šumavy souběžně se státní hranicí s Rakouskem v nadmořské výšce 726 m n. m. Téměř celá plocha nádrže se dnes rozprostírá v CHKO a NP Šumava.

Vodní nádrž Lipno I tvoří největší vodní plochu v České republice, o velikosti 4 870 ha. Délka vzdutí je 42 km, největší šířka 5 km a délka břehů 150 km. Objem nádrže je 309 502 000 m<sup>3</sup>. Maximální hloubka je u hráze 25 m, průměrná hloubka je 6,5 m. Plocha povodí 948,2 km<sup>2</sup> a průměrný dlouhodobý roční průtok je 13,16 m<sup>3</sup>/s.

#### **3.2 Metoda odlovu raků**

##### **3.2.1 Odlov za pomoci vrší**

Pro vlastní odlov byly úspěšně používány plastové vrše finského typu, doplněné o sítěné vrše švédského typu. Instalace vrší, probíhala v odpoledních hodinách a na určených místech setrvaly až do ranních hodin, kdy byla následně provedena kontrola a odebrání odchycení jedinci (obr. č. 2). Na lokalitách 1 a 3 byla linie vrší rozmístěna broděním (obr. č. 5), v případě lokality 2 byly dopraveny na místo lodí, poháněnou elektrickým motorem (obr. č. 6). Jednotlivé vrše se umísťovaly na lano, zhruba po 3 metrech v počtu 10-15 kusů. Do každé vrše byla nastrážena návnada v podobě rybího masa. Samostatné linie vrší se kotvily závažím na dno a následně byly označeny bójemi.

##### **3.2.2 Odlov do ruky za pomoci sít'ky**

Tato metoda byla v průběhu celého monitoringu používána nejčastěji. Prokázalo se, že je vhodná nejen pro odchyt juvenilních, ale i dospělých jedinců. Uplatněna byla především

v litorálních partiích nádrže, kde měla voda dostatečnou průhlednost. Prohledávány byly všechny potencionální úkryty (obr. č. 7). Délka prolovovaného úseku činila 50 – 100 m, v časovém rozmezí 30 – 60 minut.

### **3.2.3 Determinace pohlaví a hodnocení délky hlavohrudi**

U odchycených jedinců raků bylo určeno pohlaví a změřena délka hlavohrudi (od špičky rostra ke konci karapaxu), eventuálně postorbitální délka hlavohrudi (od oční jamky po konec karapaxu). Délka DH a PDH byla měřena posuvným měřidlem (obr. č. 8)

### **3.2.4 Odlov ryb tenaty a udicí**

V případě odlovu ryb, a jejich následnému prozkoumání trávicího traktu, bylo využito 2 způsobů. Lov ryb udicí a za pomoci tenat. Tenata byla instalována ve frymburské zátocce (obr. č. 3). Instalace probíhala na dobu 4 hodin během dne a soumraku na dvou lokalitách. V rámci výzkumu stanovištních preferencí ryb v nádrži prováděného Hydrobiologickým ústavem BC AVČR bylo na těchto lokalitách potopeno celkem 21 smrků do hloubky 4 metrů (obr. č. 4). Z odchycených vzorků ryb, byly vybrány v první řadě zástupci dravců, doplněny i o zástupce z čeledi kaprovitých. U všech získaných ryb probíhalo určování druhové příslušnosti, na základě vnějších morfologických charakteristik. U každého odchyceného rybiho druhu byl zaznamenán biometrický ukazatel, jednalo se především o celkovou délku těla a následně obsah žaludku, popřípadě střeva. V případě nálezu vzorku, byla vždy snaha o přesné určení a zařazení, zdroje potravy.

## 4. Výsledky

Na lokalitě č. 1 bylo odloveno v prvním termínu 18. 7. 2012 po 6 racích (tab.č. 1). Jednalo se o 4 samice (DH =  $42,7 \pm 2,3$  mm, PODH =  $31,5 \pm 1,9$  mm, hmotnost =  $21,6 \pm 4,9$  g) a 2 samce (DH =  $37,6 \pm 0,8$  mm, PODH =  $27,7 \pm 0,4$  mm, hmotnost =  $14,2 \pm 0,5$  g). Následující den 19. 7. 2012 bylo opět v tomto zájmovém území odloveno celkem 6 raků, opět se jednalo o 4 samice (DH =  $37 \pm 4,8$  mm, PODH =  $27,5 \pm 3,9$  mm, hmotnost =  $13,7 \pm 4,8$  g) a 2 samce (DH =  $34,6 \pm 1,6$  mm, PODH =  $24,8 \pm 1,2$  mm, hmotnost =  $10,6 \pm 1,7$  g), (tab.č. 2).

Na lokalitě č. 2 nebyl 18. 7. 2012 odloven žádný jedinec, následující den 19. 7. 2012 se podařilo ulovit pouze jen jednu samici o rozměrech DH = 37,4 mm, PODH = 27,3 mm a hmotnosti 15,1 g (tab. č. 3), obdobná situace se uskutečnila i v případě lokality 3, kdy až v druhém termínu zde byla odchycena jedna samice (DH = 29,9 mm, PODH = 22,7 mm, hmotnost = 6,9 g) a jeden samec (DH = 30,2 mm, PODH = 22,2 mm, hmotnost = 6,7 g), (tab. č. 4).

Vezmeme-li v potaz vynaložené úsilí a celkový postup kladení vrší, je v podstatě, co se týče účinnosti odchyty, daleko přijatelnější odlov raků do ruky za pomoci sítě. Nasvědčují tomu odchvy uskutečněné na lokalitě č. 4, která se nachází v těsné blízkosti lokality č. 3, kde byly vrše kladeny. Dne 11. 10. 2012 zde totiž bylo do ruky odloveno 137 jedinců raka pruhovaného, v 69 případech se jednalo o samice (DH =  $20,2 \pm 5,0$  mm) (tab. č. 5), zbytek jedinců, 68 byli samci (DH =  $19,9 \pm 3,8$  mm) (tab. č. 6). Z celkového počtu 69 samic bylo 17 kusů, tedy 24,6 % samic pohlavně zralých (tab. č. 5).

Při monitoringu litorálních partií na lokalitě č. 5 ostrov Tajvan bylo dne 20. 10. 2012 ručním odlovem odchyceno 24 jedinců raka pruhovaného. Jednalo se o 18 samců (DH =  $17,8 \pm 2,5$  mm) a 6 samic (DH =  $21,8 \pm 4,7$  mm) (tab. č. 7).

Na lokalitě č. 6 situované v blízkosti Jestřábí bylo dne 10. 10. 2012 odloveno celkem 12 jedinců, 5 samic (DH =  $17,4 \pm 4,1$  mm) a 7 samců (DH =  $18,9 \pm 4,2$  mm) (tab. č. 8).

Monitorovací lokalita č. 7 se nacházela na Radslavy, zde ovšem nebyl dne 11. 10. 2012 nalezen žádný jedinec, i když výskyt je zde přinejmenším patrný. Důkazem je poměrně velké množství svlečků v dané lokalitě.

V Dolní Vltavici, lokalita č. 8, se již rak pruhovaný v tomto území vyskytoval. Odchyceni byli 4 jedinci, jednalo se o 3 samce ( $DH = 20,3 \pm 2,1$  mm) a jednu samici ( $DH = 21,0$  mm) (tab. č. 9).

Na lokalitě č. 9, která byla stanovená v přístavišti Frymburk, bylo dne 11. 10. 2012 ručním odlovem odchyceno 27 jedinců raka pruhovaného. 13 samic ( $DH = 17,7 \pm 2,2$  mm) a 14 samců ( $DH = 21,1 \pm 5,8$  mm) (tab. č. 10).

Na lokalitách číslo 10., 11., 12., na kterých se odlovy uskutečnily 11. 10. 2012 a na lokalitě č. 13, prolovené 16. 9. 2013, nebyl pozorován ani jeden jedinec raka pruhovaného (tab. č. 11). Na lokalitě číslo 13, která byla situována v blízkosti přístaviště v Horní Plané, bylo téhož dne nalezeno zachovalé, čerstvě vyplavené klepeto raka říčního. S největší pravděpodobností se jedná o část jedince, odchovaného na račí farmě, ať už uniklého nebo ukořistěného nějakým predátorem. Na místě nálezů, bylo vyplaveno poměrně silný vlnobitím. Nejde ovšem ani odepřít, že se jedná o nález nějakého jedince, který své útočiště nacházel v jednom z mnoha přítoků ÚN Lipno.

Dne 16. 9. 2013 se uskutečnil ruční odlov na lokalitě v okolí Jenišova, lokalita č. 14. Na tomto území byly i přes nepřízeň počasí a špatné viditelnosti odloveni 4 jedinci. 1 samice ( $DH = 16$  mm) a 3 samci ( $DH = 17,7 \pm 2,1$  mm) (tab. č. 12). Tato lokalita je s ohledem na prokázaný výskyt raka pruhovaného v rámci celé ÚN Lipno nejvýše položenou.

V zátoce Vřesná byl dne 1. 10. 2013 ruční odlov již na patnácté lokalitě. Zde bylo odloveno celkem 5 jedinců raka pruhovaného. 2 samice ( $DH = 17,5 \pm 1,5$  mm) a 3 samci ( $DH = 17,3 \pm 2,7$  mm) (tab. č. 13). Při odlovu litorálních partií byl spatřen predační útok dvou juvenilních jedinců okouna na jednoho ze samců ( $DH = 21$  mm), jedinec nebyl požit, úporný útok zažehnal obranou klepety.

Dne 1. 10. 2013 byl ještě proveden odlov na 16. lokalitě nacházející se v Kovářově. Zde ovšem nebyl nalezen žádný jedinec.

Poslední odlov se uskutečnil téhož dne i na lokalitě číslo 17. Jednalo se o nejdelší prolovovaný úsek za celé sledování, lokalita byla vytyčena po větší části obvodu Lukavické zátoky. V tomto úseku nebyl prokázán ani jeden jedinec raka pruhovaného. Nebyl tedy potvrzen výskyt raka pruhovaného mezi lokalitou č. 8 (Dolní Vltavice) a lokalitou č. 9 (Frymburk). Můžeme tedy uvažovat, že z potvrzených nálezů, se nemusí jednat o jednu

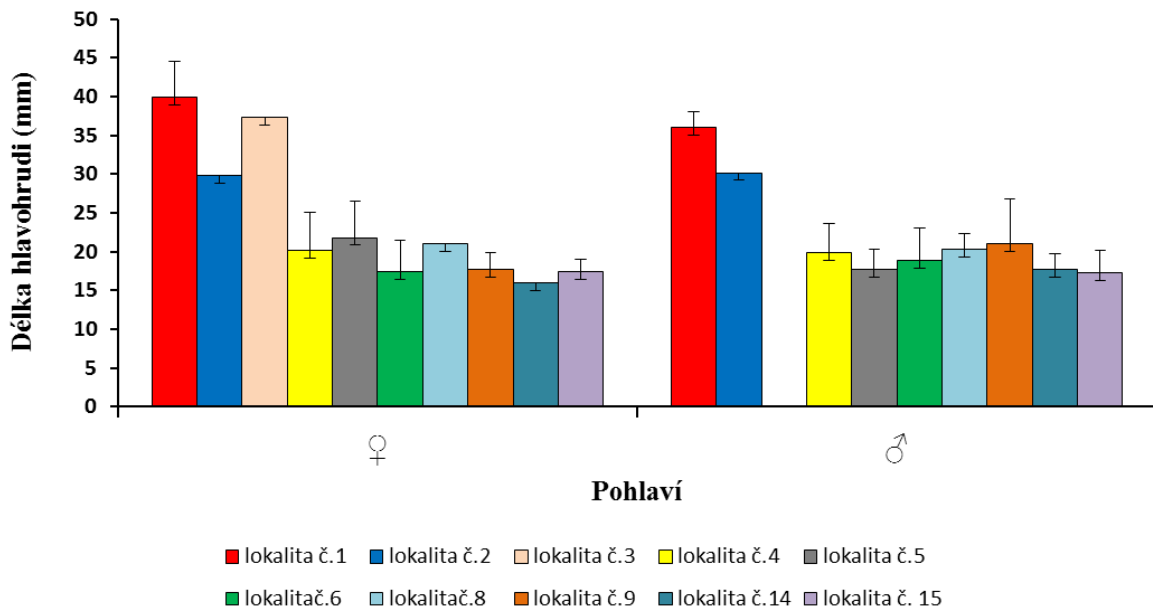
celistvou populaci, nýbrž může být tvořena 2 subpopulacemi, s pravděpodobným ohniskem výskytu v okolí Černé v Pošumaví a Frymburku.

V průběhu celého monitoringu bylo odloveno celkem 228 jedinců raka pruhovaného. Z toho počtu bylo 107 (47%) samic (DH= 21,5±7,3 mm), 10 samic (DH= 38,6±5,2 mm) bylo odchyceno do vrší a 97 (DH= 19,7±4,7 mm) odchycem do ruky. V případě samců se podařilo získat celkem 121 (53%) jedinců (DH= 20,1±5 mm). Z toho 5 jedinců raka pruhovaného (DH=34,9±2,9 mm) bylo uloveno za pomoci vrší. Zbýlých 116 kusů samic bylo odloveno ručně (DH=19,5±4,0 mm) (tab. č. 14), graf č. 1.

Tab. č.14. Pozice lokalit, způsoby a počty odlovených jedinců na ÚN Lipno.

Lokalita	Místo odlovu	Pozice		Termín odlovu	Způsob odlovu	Odchyceno exemplářů	Počet	
		Sever	Východ				♀	♂
1.	Hůrka	48°44′	14°5′	18. 7. 2012	vrše	6	4	2
		42.138 “	52.521“	19. 7. 2012		6	4	2
2.	Černá v Pošumaví	48°44′	14°6′	18. 7. 2012	vrše	0	-	-
		31.531 “	36.193“	19. 7. 2012		1	1	-
3.	Hůrka	48°44′	14°5′	18. 7. 2012	vrše	0	-	-
		32.001“	40.166“	19. 7. 2012		2	1	1
4.	Hůrka	48°44′	14°5′	11. 10. 2012	ruční odlov	137	69	68
		32.001“	40.166“					
5.	Tajvan	48°44′	14°3′	20. 10. 2012	ruční odlov	24	6	18
		34.411“	44.362“					
6.	Jestřábí	48°43′	14°5′	10. 10. 2012	ruční odlov	12	5	7
		44.466“	8.318“					
7.	Radslav	48°42′	14°4′	11. 10. 2012	ruční odlov	0	-	-
		41.246“	19.547“					
8.	Dolní Vltavice	48°41′	14°4′	20. 10. 2012	ruční odlov	4	1	3
		50.489“	26.596“					
9.	Frymburk	48°39′	14°9′	11. 10. 2012	ruční odlov	27	13	14
		29.581“	58.083“					
10.	Přední Výtoň	48°38′	14°10′	11. 10. 2012	ruční odlov	0	-	-
		1.922“	22.249“					
11.	Lipno nad Vltavou	48°38′	14°13′	11. 10. 2012	ruční odlov	0	-	-
		24.021“	10.875“					
12.	Lipno nad Vltavou	48°38′	14°13′	11. 10. 2012	ruční odlov	0	-	-
		10.215“	48.029“					
13.	Horní Planá	48°45′	14°1′	16. 9. 2013	ruční odlov	0	-	-
		37.985“	16.418“					
14.	Jenišov	48°44′	14°2′	16. 9. 2013	ruční odlov	4	1	3
		54.510“	16.423“					
15.	Vřesná	48°40′	14°9′	1. 10. 2013	ruční odlov	5	2	3
		40.262“	53.273“					
16.	Kovářov	48°41′	14°7′	1. 10. 2013	ruční odlov	0	-	-
		30.538“	3.404“					
17.	Lukavická zátoka	48°42′	14°7′	1. 10. 2013	ruční odlov	0	-	-
		4.138“	13.825“					

## Astakologický průzkum ÚN Lipno



Graf č. 1. Graf znázorňující četnost obou pohlaví raků pruhovaných dle délky hlavohrudí v mm, odchycených v průběhu astakologického průzkumu na určitých lokalitách ÚN Lipno.

### 4.1 Predace rybami

V průběhu monitoringu raka pruhovaného v nádrži Lipno I. se také podařilo názorně prokázat, že jedinci raka pruhovaného jsou aktivně loveni dravými rybami. Odlovy ryb probíhaly dvěma způsoby, lovem udicí a do tenat. Z odchycených vzorků ryb se analyzovaly obsahy žaludků a střev. Odchyty za pomoci udice se uskutečňovaly plošně v místech, kde byli dříve monitorováni raci.

#### 4.1.1 Odlov ryb udicí

Odlovy byly provedeny v rozmezí od 18. 7. 2012 až do 24. 11. 2012 (tab. č. 15). Celkem bylo odchyceno 37 kusů mírových ryb (21x Oř, 10x Ca, 3x Š, 2x K, 1x Bo) (tab. č. 15). Tyto ryby byly vykuchány a resekci žaludku nebo střev analyzovány jejich obsahy, pokud to stav obsahu dovozoval, bylo i přibližně identifikováno o jaký druh potravy se jedná. Materiál získaný pomocí výše zmíněných metod byl identifikován bezprostředně po ulovení ryby (graf č. 2). Raci byli přítomni pouze ve dvou exemplářích ryb, u okouna říčního (obr. č. 9) odchyceného v Dolní Vltavici dne 18. 7. 2012 a štiky obecné (obr. č. 10) ulovené dne 8. 9. 2012 v Černé v Pošumaví. Veškeré biometrické ukazatele a obsahy trávicího traktu jsou zaznamenány v tabulce č. 15.

Nejpočetnější odlovovanou rybou, z celkového počtu 37 kusů mírových ryb, byl okoun říční. Odloveno bylo 21 kusu (57 %), průměrná délka těla činila  $290,5 \pm 30,9$  mm. Obsah žaludků byl v 12 případech prázdný (57,1 %), 4 krát byl zaznamenán v trávicím traktu okoun říční (19 %), v 1 případě se jednalo o candáta obecného (4,8 %), ježdíka obecného (4,8 %), plotici obecnou (4,8 %), ouklej obecnou (4,8 %) a raka pruhovaného (4,8 %). Veškeré údaje týkající se obsahu žaludku nebo střev jsou uvedeny v tabulce č. 15 v poznámkách je dále uvedená délka analyzované potravy.

Druhou nejpočetnější ulovenou rybou byl candát obecný. Uloveno bylo celkem 10 kusů (27 %), průměrná délka těla činila  $556 \pm 69,5$  mm. U šesti odlovených jedinců se v žaludku nenacházela žádná potrava (60 %), ve dvou případech byla zaznamenána plotice obecná a candát obecný, u jednoho odloveného jedince se nepodařilo identifikovat obsah žaludku, šlo o natráveninu bíle ryby (tab. č. 15)

Další zaznamenaným úlovkem byla štika obecná, v celkovém počtu tří kusů. Průměrná délka odlovených štik byla  $726,7 \pm 95,3$  mm. V jednom případě byl obsah žaludku prázdný, u zbylých dvou jedinců byly nalezeny v útrokách vzorky potravy. Skutečností je, že dravec (600 mm) odlovený v Černé v Pošumaví, měl přítomné v žaludku vzorky raka pruhovaného (tab.č. 15). Z obrázku č. 10 je patrné, že se přinejmenším jednalo o 4 jedince raka.

Do problematiky byly zahrnuty i odlovení jedinci z čeledě kaprovitých, 2 kapři obecní s průměrnou délkou těla  $590 \pm 30$  mm a bolen dravý 650 mm. U nichž ale nebyl ve střevě rak pruhovaný lokalizován, jako zdroj potravy.



Tab. č. 15 . Druhy odlovených ryb udicí s celkovou délkou těla v mm, se záznamy o obsahu žaludku nebo střeva.

Datum	Druh	Délka (mm)	Obsah žaludku, střev	Pozn.
18. 7. 2012	okoun ř.	340	2 ks Rp	1x celý j., abdo
21. 7. 2012	candát o.	560	prázdný	
	candát o.	580	Ca 6x	± 40 mm
5. 9. 2012	okoun ř.	320	prázdný	
	okoun ř.	280	Ca 2x	±40 mm
8. 9. 2012	candát o.	490	natrávenina B	
	štika o.	600	4 ks Rp	
23. 9. 2012	okoun ř.	300	prázdný	
11. 10. 2012	candát o.	580	prázdný	
	candát o.	550	prázdný	
12. 10. 2012	okoun ř.	290	Oř 2x	40 mm
14. 10. 2012	kapr o.	620		
	kapr o.	560		
18. 10. 2012	okoun ř.	300	prázdný	
	okoun ř.	310	prázdný	
	okoun ř.	250	prázdný	
	okoun ř.	230	Oř	41 mm
20. 10. 2012	štika o.	830	C	300 mm
	okoun ř.	300	prázdný	
	okoun ř.	320	prázdný	
21. 10. 2012	štika o.	750	prázdný	
	okoun ř.	280	prázdný	
	okoun ř.	320	Pl	60 mm
	okoun ř.	340	Oo	40 mm
	okoun ř.	260	prázdný	
	okoun ř.	300	Oř 4x	40 mm
	okoun ř.	310	prázdný	
	okoun ř.	290	Jo	45 mm
28. 12. 2012	candát o.	470	prázdný	
	candát o.	720	Pl	80 mm
	candát o.	600	prázdný	
	candát o.	530	prázdný	
	candát o.	480	Pl, Ca	50 mm
4. 11. 2012	okoun ř.	260	Oř	50 mm
	okoun ř.	230	prázdný	
	bolen d.	650	Oo 3x	50 mm
24. 11. 2012	okoun ř.	270	prázdný	

#### 4.1.2 Odlovy ryb do tenat

Odlovy probíhaly celkem ve čtyřech termínech. Dne 20. 8. 2013 proběhl noční odlov ryb, následující den 21. 8. 2013 denní odlov. Stejná situace se opakovala dne 30. 9. 2013, kdy proběhl noční odlov a dne 1. 10. 2013 denní odlov. Z panelů tenat byly v první řadě vyselektovány dravé druhy ryb. Tyto exempláře byly opět vykuchány a analyzovány u nich obsahy žaludků. Pokud to stav dovozoval, byl určen i zdroj potravy (graf č. 3). Biometrické údaje dravých ryb, obsahy žaludků a střev, a v poznámkách uvedené zdroje potravy, jsou zaznamenány v tabulkách č. 16, č. 17, č. 18, č. 19.

Při nočním odlovu dne 20. 8. 2013, bylo vybráno z tenat 16 dravých ryb a jeden zástupce z čeledi kaprovitých, kapr obecný. Okoun říční se vyskytoval v 9 případech, průměrná délka těla  $255,3 \pm 83,2$  mm. Obsah žaludku nebyl u 5 jedinců žádný, u dvou jedinců se vyskytoval jako zdroj potravy okoun říční, v jednom případě candát obecný. U největšího zkoumaného exempláře byly v žaludku analyzovány 2 jedinci raka pruhovaného (tab. č. 16). Jiným odloveným druhem byl candát obecný, průměrná délka těla  $313,9 \pm 46,4$  mm. U pěti jedinců se nacházela v útrokách natrávenina bílé ryby, ostatní 2 jedinci měli žaludek prázdný. Poslední zkoumanou rybou byl kapr obecný 324 mm, obsah jeho střeva byl ovšem prázdný (tab. č. 16).

Tab. č. 16 . Druhy ryb odlovených tenaty s celkovou délkou těla mm a obsahem žaludku nebo střeva.

Druh	Délka (mm)	Obsah žaludku, střev	Pozn.	20. 8. 2013	Noc
candát ob.	296	natrávenina B			
candát ob.	290	natrávenina B			
candát ob.	415	prázdný			
candát ob.	326	natrávenina B			
candát ob.	280	natrávenina B			
candát ob.	264	prázdný			
candát ob.	326	natrávenina B			
kapr ob.	324	prázdný			
okoun ř.	380	2x Rp	celí jedinci		
okoun ř.	365	prázdný			
okoun ř.	255	prázdný			
okoun ř.	270	prázdný			
okoun ř.	295	Oř	Oř 80 mm		
okoun ř.	176	prázdný			
okoun ř.	132	prázdný			
okoun ř.	150	Ca	Ca 42 mm		
okoun ř.	275	Oř	Oř 51 mm		

Dne 21. 8. 2013 se podařilo odlovit do tenat 20 zástupců dravých ryb. Nejpočetnější rybou byl opět okoun říční. Celkem bylo z tenat vybráno 18 kusů tohoto druhu s průměrnou délkou těla 238,1± 52,7 mm. U 8 kusů okouna říčního se nevyskytovala v žaludku žádná potrava. U 5 kusů se nacházel v žaludku roček okouna říčního, ve dvou případech ouklej obecná a v jednom candát obecný. Opět u největšího exempláře byl zaznamenán jako zdroj potravy rak pruhovaný, byly nalezeny natrávené zbytky rostra a abdomenu, pravděpodobně téhož jedince (tab. č. 17). Dalšími odlovenými druhy byli bolen dravý a jelec tloušť, u tlouště se nepodařilo identifikovat obsah střev, v případě bolena taktéž nebyl nalezen žádný zdroj potravy (tab. č. 17).

Tab. č. 17 . Druhy ryb odlovených tenaty s celkovou délkou těla mm a obsahem žaludku nebo střeva.  
Položka N = neidentifikováno.

Druh	Délka (mm)	Obsah žaludku, střev	Pozn.	21. 8. 2013	Den
<b>bolen d.</b>	526	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	360	Rp + natráv. B	rostrum, abdo., 2 ks B		
<b>okoun ř.</b>	312	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	335	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	220	Oř	50 mm		
<b>okoun ř.</b>	224	Oř	31 mm		
<b>okoun ř.</b>	230	Oř	41, 40 mm		
<b>okoun ř.</b>	210	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	240	Oř	50, 25 mm		
<b>okoun ř.</b>	197	Oo	9x ± 20 mm		
<b>okoun ř.</b>	200	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	209	Oo	30 mm		
<b>okoun ř.</b>	295	Oř	80 mm		
<b>okoun ř.</b>	198	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	263	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	234	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	205	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	195	Oo	20 mm		
<b>okoun ř.</b>	158	Ca	48 mm		
<b>jelec t.</b>	400	N			

Další noční odlov se uskutečnil dne 30. 9. 2013. Při tomto odlovu byly vybrány z tenat 3 druhy dravců, jednalo se o okouna říčního, candáta obecného a štika obecnou. Okoun říční byl opět nejpočetnějším druhem, s celkovým počtem 11 kusů a průměrnou délkou  $195,7 \pm 62,9$  mm. U 10 jedinců nebyl nalezen žádný zdroj potravy, v jednom případě natrávenina bílé ryby (tab. č. 18). Druhou nejpočetnější dravou rybou byl candát obecný s průměrnou délkou těla  $303,3 \pm 68$  mm. U každého jedince byl prokázán vzorek rybí potravy v žaludku, jednalo se o ouklej obecnou, okouna říčního a natráveninu bílé ryby, rozměry jsou uvedeny v poznámkách v tabulce č. 18.

Tab. č. 18 . Druhy ryb odlovených tenaty s celkovou délkou těla mm a obsahem žaludku nebo střeva.

Druh	Délka (mm)	Obsah žaludku, střev	Pozn.	30. 9. 2013	Noc
<b>candát o.</b>	330	Oo	80 mm		
<b>candát o.</b>	210	natrávenina B			
<b>candát o.</b>	370	Oř 5x	40 mm		
<b>okoun ř.</b>	221	natrávenina B			
<b>okoun ř.</b>	166	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	156	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	120	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	125	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	330	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	145	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	290	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	210	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	200	prázdný			
<b>okoun ř.</b>	190	prázdný			
<b>štika o.</b>	300	prázdný			

Poslední odlov ryb tenaty se uskutečnil dne 1. 10. 2013. Z panelů tenat bylo vyloveno 8 kusů okouna říčního o průměrné délce těla  $178,5 \pm 52,9$  mm (tab. č. 19) Tři jedinci okouna říčního před odlovem nepozřeli žádnou potravu, u 5 jedinců byli v žaludku nalezeni púlrocci a rocci okouna říčního a oukleje obecné. Velikostní údaje jsou uvedeny v tabulce č. 19.

Tab. č. 19 . Druhy ryb odlovených tenaty s celkovou délkou těla mm a obsahem žaludku nebo střeva.

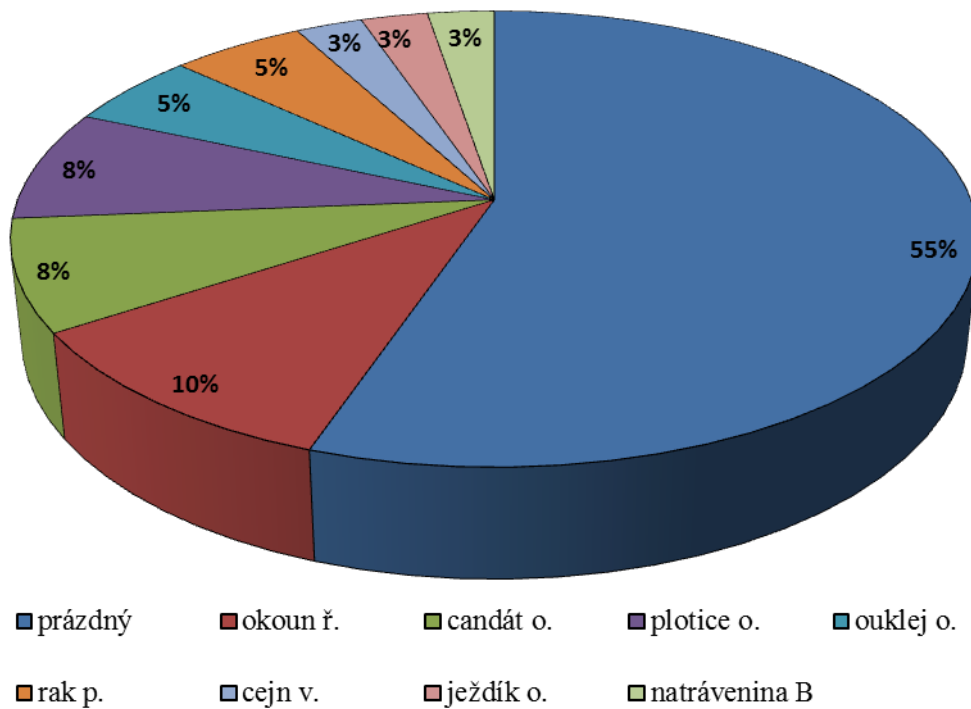
Druh	Délka (mm)	Obsah žaludku, střev	Pozn.	1. 10. 2013	Den
okoun ř.	150	prázdný			
okoun ř.	140	prázdný			
okoun ř.	310	prázdný			
okoun ř.	175	Oř 2x	40 mm		
okoun ř.	150	Oo 4x	50 mm		
okoun ř.	145	Oř	80 mm		
okoun ř.	200	Oř, Oo	40mm		
okoun ř.	158	Oř	80 mm		

Dohromady bylo oběma způsoby, ať už lovem ryb udicí nebo za pomoci tenat, odloveno 97 kusů ryb. Okoun říční 67 kusů, candát obecný 20 kusů, štika obecná 4 kusy, bolen dravý 2 kusy, kapr obecný 3 kusy, jelec tloušť 1 kus. Rak pruhovaný byl identifikován v žaludku celkem u dvou druhů ryb a to u okouna říčního a štiky obecné. Z celkového počtu 67 kusů odlovených okounů se ho podařilo nalézt ve 3 vzorcích, víceméně největších exemplářích, tohoto dravého druhu ryby. U štiky obecné byl rak pruhovaný zaznamenán v žaludku pouze jednou, avšak hned ve 4 kusech (tab. č. 20), (graf č. 4).

Tab. č. 20. Počty kusů raka pruhovaného identifikovaného v obsahu žaludku okounů říčních a štiky obecné. Zaznamenané tělní části jsou uvedeny v poznámkách.

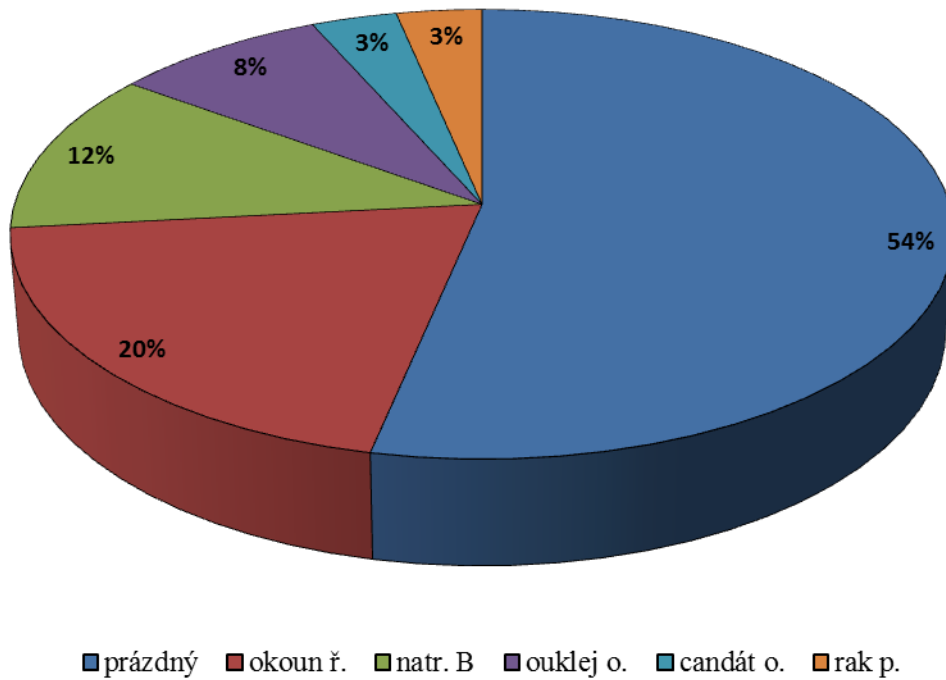
Datum	Druh	Délka (mm)	Obsah žaludku	Pozn	Způsob odlovu	Den / Noc
18. 7. 2012	okoun ř.	340	2 ks Rp	1x celý j., abdo.	Lov udicí	den
8. 9. 2013	štika o.	600	4 ks Rp	abdo.	Lov udicí	den
20. 8. 2013	okoun ř.	380	2 ks Rp	celí jed.	tenata	noc
21. 8. 2013	okoun ř.	360	1 ks Rp	rostrum, abdo	tenata	den

## Obsahy žaludků a střev u ryb



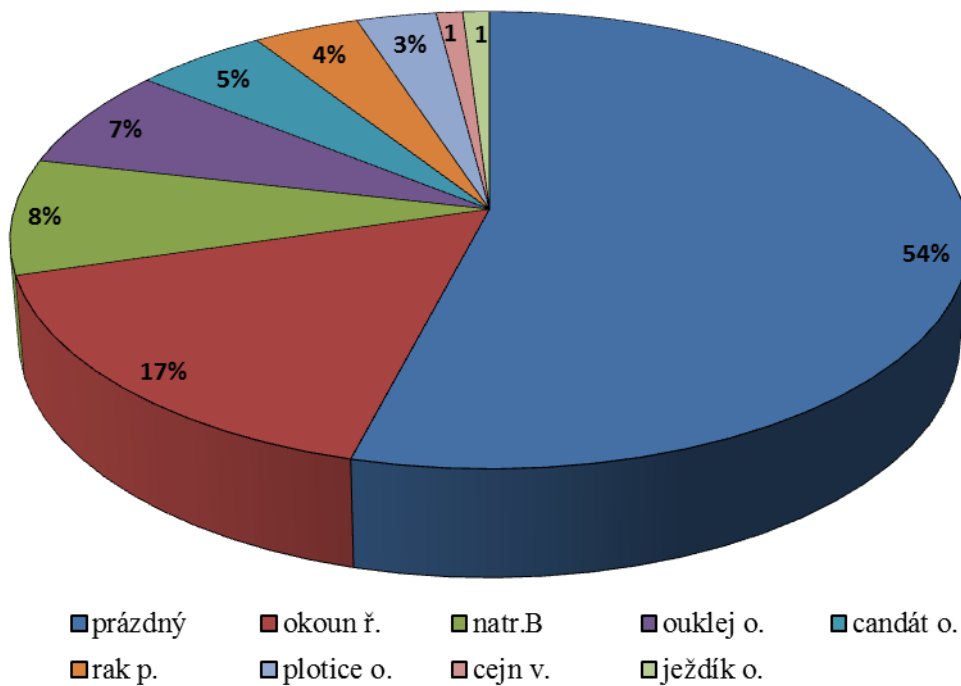
Graf č. 2. Procentuální zastoupení daného obsahu žaludku a střev u ryb odlovených na udici. Natrávenina B značí nespecifikovatelný, ve značném stadiu natrávený druh bílé ryby.

## Obsahy žaludků a střev u ryb



Graf č. 3. Procentuální zastoupení obsahu žaludku a střev ryb odlovených tenaty. Natr. B značí nespécifikovaný, ve značném stádiu natrávený druh bílé ryby.

## Obsahy žaludků a střev u ryb



Graf č. 4. Procentuální zastoupení obsahu žaludku a střev u ryb odlovených oběma způsoby, lovem udicí a do tenat. Natr. B značí nespécifikovaný, ve značném stádiu natrávený druh bílé ryby.

## 5. Diskuze

Během devatenáctého a dvacátého století bylo do Evropy zavlečeno několik nepůvodních druhů raků, kteří hlavně díky přenosu račího moru značně zdecimovali populace původních raků (Kozubíková a kol., 2009). V současné době převyšují nepůvodní druhy početností druhů původní přibližně v poměru 2:1 a je velice pravděpodobné, že za několik desetiletí budou nepůvodní druhy zcela dominovat (Holdich a kol., 2009). Většina evropských států, včetně České republiky, zavedla, ve snaze zamezit šíření již etablovaných druhů a itrodukcím druhů nových, přísná legislativní opatření (Svobodová a kol., 2010).

Rak pruhovaný se řadí mezi úspěšné invazivní organismy a chronického přenašeče račího moru. Je velice adaptabilní a příležitostně se může rozmnožovat partenogeneticky (Buřič a kol., 2011).

Prvotní záznam výskytu raka pruhovaného v ÚN Lipno se datuje na 20. července 2006 (Beran a Petrusek, 2006). Jedná se o nejjižněji položený záznam raka pruhovaného v České republice (Beran a Petrusek, 2006). Nejbližší známý výskyt tohoto raka je asi 35 km daleko, v řece Vltavě u Českých Budějovic (Petrusek a kol., 2006). To představuje vzdálenost asi 100 říčních kilometrů po proudu a několik významných migračních bariér, včetně dvou přehrad (Beran a Petrusek., 2006). Je tedy více než pravděpodobné, že nejpravděpodobnější příčinou kolonizace Lipenské přehrady je záměrné vysazení, zprostředkované lidskou činností. Toto ať už záměrné či nezáměrné vysazení umožnilo šíření toho druhu nádrží. ÚN Lipno se následně stala lokalitou s nejvyšší nadmořskou výškou (725 m n. m.), kde byl rak pruhovaný v České republice zaznamenán (Beran a Petrusek., 2006).

Od roku 2006 ovšem nebyly publikovány žádné záznamy o šíření raka pruhovaného touto nádrží. Od té doby však byly další, oficiálně dostupné informace pouze sporadické. Prakticky se jednalo pouze o odchycení jednoho samce na přístavišti ve Frymburku v říjnu 2008 (Nálezová databáze AOPK ČR, ID 11859123), (Kouba a kol., 2012). Dne 2. 8. 2011 bylo na 5. místech jižní strany nádrže nastraženo celkem 9 vrší švédského typu, žádný jedinec raka pruhovaného ovšem odchycen nebyl (Kouba a kol., 2011). 19.10 2011 proběhl ruční odlov přímo na hrázi mezi Černou v Pošumaví a obcí Hůrka, kde byl výskyt raka pruhovaného poprvé popsán. Odlovu se zúčastnilo 11 lidí a probíhal po dobu 75 minut. Na prolovených úsecích bylo odchyceno 51 živých exemplářů (Kouba a kol., 2011). V návaznosti na tato zjištění, byl v roce 2012 zrealizován širěji pojatý astakologický výzkum.



Monitoringem a vlastním odlovem byli odchyceni jedinci obou pohlaví a různých velikostí, včetně juvenilních i adultních jedinců. Z toho lze usuzovat, že jde o prosperující a rozmnožující se populaci. Podstatná část odlovených raků je tvořena poměrně malými jedinci, jejichž stáří je 1-2 roky. V tomto ohledu je důležité si uvědomit, že raci pruhovaní jsou schopni dorůst již před prvním zimním obdobím celkové délky těla až 40 až 50 mm (délka hlavohrudi cca 20 až 25 mm) a zároveň i dosáhnout pohlavní dospělosti (u evropských raků trvá období minimálně 3-4 roky), (Kouba a kol., 2011). Tato skutečnost naznačuje, že se jedná o rychle se rozmnožující populaci, tvořenou převážně mladými jedinci, která se šíří nádrží. S odkazem na ruční odlov, který proběhl dne 19. 10. 2011 Kouba a kol., 2011 uvádí, že počet odchycených raků je vzhledem k délce proloveného úseku a běžné úspěšnosti ručního odlovu vysoký a při uvažované rozloze Lipna si lze v závislosti na rozšíření vcelku jednoduše představit populaci čítající statisíce až miliony jedinců!

S výskytem raka pruhovaného a jeho následném šířením nádrží, lze očekávat potenciální dopady na ostatní složky společenstva. Dopad na původní populace raků nelze momentálně očekávat, nýbrž se v dané lokalitě ani v přítocích nevyskytují. Ačkoliv nebyl výskyt raka říčního v nádrži recentně potvrzen, lze předpokládat jeho přítomnost v rybnících bývalé račí farmy v Nové Peci sousedící s touto nádrží (Kouba a kol., 2011). Zde je také výskyt raka říčního v rámci vlastní ÚN Lipno nejpravděpodobnější (Kouba a kol., 2011). Monitoring přítoků Lipna jasně neprokázal výskyt raka říčního, údaje lze dohledat ve zprávě Kouba a kol., 2011. Problém vzájemného působení obou druhů, můžeme nalézt až v případě záměrné repatriace raků říčních do toků NP a CHKO Šumava. Je tedy pravděpodobné, že až bude vyčerpán potenciál únosnosti stanovišť, začne rak pruhovaný kolonizovat i chladnější přítoky Lipenské nádrže.

Rak pruhovaný se řadí mezi chronické přenašeče račího moru. Další hledisko potencionálního nebezpečí lze spatřovat v přenosu této choroby. Kouba a kol., 2011 uvádějí, že nebezpečí je možné spatřit ve splouvání Teplé Vltavy a s ním souvisejícími převozy vodáckého vybavení, za předpokladu, že pod areálem v Borových Ladách dojde k vytvoření populace raků říčních z genové rezervy. Již v současné době je možné uskutečňovat plavbu lodí po Teplé Vltavě z Borových Lad až do Lipenské nádrže. Další skutečností je i to, že nádrž Lipno je často vyhledávána rekreanty, sportovními rybáři a provozovateli vodních sportů. Proto může být přenos račího moru dále šířen na mokřím vybavení, obuvi, oblečení a rybářském náčiní.

Opomenut by neměl být ani dopad na ostatní složky této ÚN. Invaze nepůvodních druhů raků velice často vyvíjí poměrně velký tlak na společenstva makrofyt, čím mění jejich druhové složení a abundanci. Prostřednictvím destrukce makrofyt v důsledku zkrmování, mohou významně změnit litorální habitaty (Momot, 1995; Dorn a Mittelbach, 1999). Vodní nádrže jsou složité ekosystémy, složené z vícera subsystémů nebo stanovišť. Litorál je často strukturálně více heterogenní než pelagické prostředí a modely energie toků bývají složitější (Schindler a Scheuerell, 2002). Momot (1995) uvádí, že v litorálních potravních sítích jsou raci považováni za klíčové predátory a hlavní vedení energie a materiálu. Tvoří podstatnou část z kompletní biomasy makrozoobentosu v příbřežní zóně. Mohou tedy představovat podstatnou část odběru celkové biomasy v litorální zóně. Což bude mít zajisté i potenciální dopad na ostatní organismy žijící v daném prostředí.

V průběhu monitoringu raka pruhovaného v nádrži Lipno I, se podařilo prokázat, že je tento druh raka aktivně loven dravými druhy ryb, které se zde vyskytují. Raci se vyskytují v jídelníčku mnoha druhů ryb ( Somers a Green, 1993; Dorn a Mittelbach, 1999; Haertel a kol., 2002). Také soupeří s rybami o potravu a úkryty, jsou zapleteni v poklesu populací ryb v důsledku přímé predace na rybích jikrách a z krze stanovištních modifikací (Monot, 1995; Dorn a Mittelbach, 1999, Dorn a Wojdak, 2004; Wilson a kol. 2004). V mnoha vodách je základním prvkem potravního řetězce rak, a v některých obdobích se může stát hlavním prvkem v potravě ryb, jako je úhoř *Anguilla Anguilla* nebo okoun *Perca fluviatilis* (Czarnecki a kol., 2003). Populace raků pruhovaných může být v určitých lokalitách velice početná, což je případem i Lipenské nádrže, na některých stanovištích tím zajistí potenciální zdroj potravy pro mnoho rybích druhů. Stává se stále jasnější, že rak pruhovaný je důležitou alternativou kořisti pro štiky a okouny, která by jim mohla pomoci přes různá časová období omezeného zásobování potravou nebo při zvýšené poptávce po potravě. *Orconectes limosus* tedy může stabilizovat piscivorní rybí biomasu na úrovni, která nemusí být podporována třetí trofickou úrovní (Momot, 1995; Dorn a Mittelbach, 1999).

Ryby často konzumují velkou část produkce raků (Lodge a Hill, 1994). Juvenilní jedinci jsou náchylnější k predaci dravými rybami a to především svou velikostní limitací. Zatímco juvenilní jedinci obývají spíše litorální zóny, adultní jedinci mohou nalézat výhodné podmínky k životu i v pelagické zóně. To se zajisté odráží i v potravní nabídce pro piscivorní druhy ryb. Zatímco štičí predace je omezena spíše na litorální zónu, v případě okouna říčního můžeme zaznamenat příjem potravy jak v litorální zóně, tak i v pelagické. Haertel- Borer a kol., (2005) ve své studii uvádí, že dravci, jak štiky, tak okouni byli zaměřeni zejména na

malé velikostní třídy raků (< 6 cm), to se ovšem z části vylučuje s rozbory v rámci naší studie, kdy minimálně 2 pozření jedinci přesahovali tuto danou délku. V ostatních případech, se jednalo již o strávené a necelistvé tělní části exemplářů. Haertel- Borer a kol., (2005) podávají jasný příklad, že malé a střední velikosti raka pruhovaného byly nalezeny v potravě velkých okounů a štik. Stejně poznatky přináší i Bryliška (2000), že byl rak často zjištěn zejména v žaludcích velkých okounů. Srovnáme-li s našimi výsledky, dojdeme k názoru, že v případě této práce tomu bylo také tak. Raci nebo části raků byli nalezeni u těch největších odchycených exemplářů, kdy průměrná délka těchto pozitivních vzorků činila  $360 \pm 16,3$  mm.

Další rybou, která hojně vyhledává raky jako zdroj potravy je sumec velký. Populace raků pruhovaných se může stát hojnou na některých stanovištích, a tím zajistit potencionální zdroj potravy pro mnoho druhů ryb, včetně sumců (Czarnecki a kol., 2003). Czarnecki a kol., (2003) přinášejí velice cenné poznatky ve své práci. Odkazují se na to, že kultivovaní jedinci sumce velkého, kteří jsou následně vysazováni do přírodních podmínek, se intenzivně živí raky a to především v prvních letech od vysazení do nového prostředí. Během tohoto období může rak pruhovaný zahrnovat více než 81% kořisti sumců a největší procento bylo prokázáno v červenci a srpnu (Czarnecki a kol., 2003). V rámci našeho astakologického průzkumu se nám ale bohužel nepodařilo odlovit žádného jedince tohoto druhu. Zajisté by bylo přínosné a velice vypovídající, kdyby byl rak pruhovaný zahrnut do spektra potravy sumců v ÚN Lipno.

V tomto případě mohl výskyt raka pruhovaného podstatně změnit potravinovou síť nádrže. Rak pruhovaný je důležitou alternativní kořistí pro štiky a okouny, v rámci naší studie je rozumné se přiklánět spíše k názoru, že jedinci u kterých byl rak pruhovaný lokalizován, jako zdroj potravy se na tuto složku potravy specializují.

V tomto směru a procesu rostoucího povědomí o bentické produkci a pochodu v ekosystému, si raci zaslouží adekvátní kvantitativní pozornost. Je zapotřebí stanovit význam raků, i introdukovaných, do jaké míry se podílí na fungování ekosystému nejen po stránce samotného výskytu, ale i interakcemi mezi jinými živočichy, působením na určité složky ekosystému, predací a jako důležitým potravním zdrojem.

## 6. Závěr

V ÚN Lipno byla potvrzena expandující a početná populace introdukovaného severoamerického raka pruhovaného. Přehradní nádrž nabízí rakům příhodné podmínky pro život. Raci strategicky osidlují nejen prostranství s bahnitým a jílovitým dnem, či rákosovými poli, která jsou pro tento račí druh typická, ale i kamenité břehy s volně loženým kamenem nebo kamenným záhozem. Toto prostředí jim skýtá mnoho přirozených úkrytů před predátory a umožňuje postupné šíření celou nádrží. V návaznosti na šíření raka pruhovaného lze očekávat dopady na celý ekosystém vodní nádrže a v případě vyčerpání životních příležitostí a kapacit i na přítoky, které do vodní nádrže ústí. S negativním vlivem na společenstva vodních rostlin, hmyzu, měkkýšů, obojživelníků a ryb a to zejména změny v druhovém složení a abundanci. V tomto kontextu se jeví výskyt raka pruhovaného v blízkosti NP a CHKO Šumava velice rizikový. Potencionální nebezpečí nastane i v případě šíření račího moru. Recentní výskyt raka říčního nebyl doposud v přítocích ÚN Lipno potvrzen, ale jisté nebezpečí může nastat z přenosu račího moru na místech repatriace z chované genové rezervy. Jednou z možných cest šíření račího moru je i přenos na mokřím vybavení, obuvi, oblečení a rybářském náčiní.

Z potvrzených nálezů, lze prozatím určit, že se nejspíše nejedná o jednu celistvou, spojitou populaci, nýbrž nejspíše o dvě subpopulace s prvotním ohniskem výskytu v Černé v Pošumaví a Frymburku. Pro tuto chvíli se zdá, že nejjižnější a nejsevernější partie nádrže prozatím zůstávají rakem nekolonizovány. S ohledem na prokázaný výskyt raka pruhovaného se doposud jako nejsevernější položenou lokalitou jeví oblast pod Jenišovem, naopak nejjižnější položenou lokalitou v rámci ÚN Lipno je prozatím přístaviště ve Frymburku. V souhrnu lze konstatovat, že rak pruhovaný je v nádrži početný. Z odlovených exemplářů a jejich délky hlavohrudi, můžeme usoudit, že se jedná především o jednoleté, maximálně dvouleté jedince. Vnitrodruhová kompetice je nízká, bylo jen sporadicky pozorováno poškození klepet, ztráta nebo regenerace. Za předpokladu plošné distribuce raka pruhovaného mezi nejdlehlšími lokalitami s jeho potvrzeným výskytem, lze odhadovat jeho přítomnost na cca 80 % plochy ÚN Lipno.

V průběhu astakologického výzkumu na nádrži Lipno byl prokázán predační tlak na jedince raka pruhovaného především piscivorními druhy ryb. Rak pruhovaný figuruje v potravní nabídce ryb a za určitých okolností může změnit potravinovou síť nádrže. Z dosavadních výsledků jde prozatím usuzovat, že se jedná spíše o potravní specialisty.

## 7. Přehled použité literatury

- Alderman, D.J., Polglase, J.L., Frayling, M., 1987. *Aphanomyces astaci* pathogenicity under laboratory and field conditions. *Journal of fish Diseases* 10, 385-393.
- Andrews, E.A., 1907. The young of the crayfishes *Astacus* and *Cambarus*. *Smithsonian Contribution to Knowledge, Part of Volume XXXV, 1718*. Smithsonian Institution. Washington, 79.
- Appelberg, M., Soderback, B., Odelström, T., 1993. Predator detection and perception of predation risk in the crayfish *Astacus astacus* L. *Nord. J. Freshw. Res.*, 68, 55-62.
- Beran, L. and Petrusek, A., 2006. First record of the invasive spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (*Crustacea: Cambaridae*) in the Bohemian Forest (South Bohemia, Czech Republic). *Silva Gabreta*, 12, 3, 143–146.
- Bryliška, M., 2002. Polish freshwater fish. PWN, Warszawa, 55-461.
- Buřič, M., Hulák, M., Kouba, A., Petrusek, A., Kozák, P., 2011. A successful crayfish invader uses facultative parthenogenesis: a novel reproductive mode in decapod crustaceans. *PLoS ONE* 6 (5): e20281, doi: 10.1371/journal.pone.0020281.
- Buřič, M., Kouba, A., Kozák, P., 2009. Chelae regeneration in European alien crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque 1817). – In: *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems (2009)* 394-395.
- Buřič, M., Kouba, A., Kozák, P., 2010. Seasonal migrations of *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) to a small tributary of large river. *Freshwater Crayfish* 17, 183-186.
- Buřič, M., Kozák, P., Kouba, A., 2009b. Movement patterns and ranging behaviour of the invasive spiny-cheek crayfish in a small reservoir tributary. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie* 174, 329-337.
- Cavalier-Smith, T., Chao, E.E.Y., 2006. Phylogeny and Megasystematics of Phagotrophic Heterokonts (Kingdom Chromista). *Journal of Molecular Evolution* 62, 388-420.
- Cejp, K., 1959. Oomycetes I. Flora ČSR, řada B mykologicko- lichenologická, sv. 2. Nakladatelství ČSAV.
- Cerenius, L. and Söderhäll, K., 1984a. Chemotaxis in *Aphanomyces astaci*, an Arthropod-Parasitic Fungus. *Journal of Invertebrate Pathology* 43, 278-281.
- Cerenius, L. and Söderhäll, K., 1984b. Repeated Zoospore Emergence from Isolated Spore Cysts of *Aphanomyces astaci*. *Experimental mycology* 8, 370-377.
- Cerenius, L., Bangyeekhun, E., Keyser, P., Söderhäll, I., Söderhäll, K., 2003. Host prophenoloxidase expression in freshwater crayfish is linked to increased resistance to the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci*. *Cellular Microbiology* 5, 353-357.
- Cerenius, L., Söderhäll, K., Persson, M., Axajon, R., 1988. The crayfish plague fungus *Aphanomyces astaci* diagnosis, isolation, and pathobiology. *Freshwater Crayfish* 7, 131-144.

- Covich, A.P., Palmer, M.A., Crowl, T.A., 1999. The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems. *Bio. Science* 49, 119-127.
- Czarnecki, M., Andrzejewski, W., Mastysiński, J., 2003. The feeding selectivity of wels (*Silurus glanis* L.) in lake Goreckie. *Archives of Polish Fisheries*, 11, 141-147.
- Degerman, E., Nilsson, P.A., Nyström, P., Nilsson, E. and Olsson, K., 2007. Are fish populations in temperate streams affected by crayfish-A field survey and prospects. *Environ. Biol. Fishes*, 78, 231-239.
- Diéguez-Urbeindo, J., Huang, T.S., Cerenius, L. and Söderhäll, K., 1995. Physiological adaptation of an *Aphanomyces astaci* strain isolated from the freshwater crayfish *Procambarus clarkii*. *Mycological research* 99, 574-578.
- Diéguez-Urbeindo, J., 2006. The dispersion of the *Aphanomyces astaci*- carrier *Pacifastacus leniusculus* by humans represents the main cause of disappearance of the indigenous crayfish *Austropotamobius pallipes* in Navarra. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 303-1312.
- Dorn, N.J., Mittelbach, G.G., 1999. More than predator and prey: a review of interactions between fish and crayfish. *Vie Milieu* 49, 229-237.
- Dorn, N.J., Wojdak, J.M., 2004. The role of omnivorous crayfish in littoral communities. *Oecologia* 140, 150-159.
- Ďuriš, Z., Horká, I., 2007. První nález invazivního raka pruhovaného *Orconectes limosus* (Rafinesque) na území Moravy a Slezka v ČR. *Časopis Slezkého Muzea, Opava*, 1, 49-52.
- Ďuriš, Z., Horká, I., Buřič, M., Kozák, P. 2013. Ekologie raků. In: Kozák P., Ďuriš Z., Petrusek A., Buřič M., Horká I., Kouba A., Kozubíková E. & Polícar T. (eds): *Biologie a chov raků*. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích. 223-247.
- Fischer, D., Bádř, V., Vlach, P., Fisherová, J., 2004. Nové poznatky o rozšíření raka kamenáče v Čechách. *Živa* 52, 79-81.
- Füreder, L., Edsman, L., Holdich, D.M., Kozák, P., Machino, Y., Pockl, M., Renai, B., Reynolds, J. D., Schulz, H., Schulz, R., Sint, D., Taugbol, T., Trouilhe, M.C., 2006. Indigenous crayfish habitat and threats. In: Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noel, P.Y., Reynolds, J.D., Haffner, P. (Eds), *Atlas of Crayfish in Europe*. Museum national d'Historie naturelle, Paris, 25-48.
- Gherardi, F., 2002. Behavior. In: Holdich D.M. (ed.), *Biology of freshwater crayfish*, Blackwell Science, Oxford, 258-290.
- Gherardi, F., 2007. Biological invasion in inland waters: an overview. In: Gherardi, F., (Ed.), *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution, and threats*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 3-26.
- Goddard, J. S., 1988. Food and feeding., In: Holdich D.M., Lowery R.S. (eds.). *Freshwater Crayfish, Biology, Management and Exploitation*. Croom helm London, 145-166.
- Groot, T. V.M., Bruins, E., Breeuwer, J.A.J., 2003. Molecular genetic evidence for parthenogenesis in the Burmese python, *Python molurus bivittatus*. *Heredity* 90, 130-135.

- Haertel, S.S., Baade, U., Eckmann, R., 2002. No general percid dominance at mesotrophic lake conditions: Insights from the quantification of predator-prey interactions. *Limnologica* 32, 1-13.
- Haertel-Borer, S.S., Zak, D., Eckmann, R., Baade, U., and Hölker F., 2005. Population density of the crayfish *Orconectes limosus* in relation to fish and macroinvertebrate densities in a small mesotrophic lake – implications for the lake's food web. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 90, 523-533.
- Hager, J., 1996. Edelkrebse. Leopold Stocker Verlag, Graz, 128.
- Hajer, J., 1989. Americký druh raka v Labi. *Živa*, 37, 3:125.
- Hamr, P., 2002. *Orconectes*. In: Holdich, D.M. (ed.). *Biology of Freshwater Crayfish* Blackwell Science Ltd. Oxford, 585-608.
- Harrison, M.L., Hoover, T.M., Richardson, J.S., 2006. Agonistic behaviours and movement in the signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* : can dominance interaction influence crayfish size-class distributions in streams? *C. J. Zool.*, 84, 1495-1504.
- Henttonen, P. & Huner, J.V., 1999. The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction. In: Gherardi, F. & Holdich, D.M. (eds.). *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* *Crustacean Issues* 11. Rotterdam, 13-22.
- Hogger, J.B., 1988. Ecology, Population Biology and Behaviour. In: Holdich, D.M., Lowery, R.S. (eds.). *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*. The University Press. Cambridge, 114-144.
- Holdich, D.M., 2003. Crayfish in Europe – an overview of taxonomy, legislation, distribution, and crayfish plague outbreaks. In: *Management & Conservation of Crayfish. Proceedings of a conference held on 7th November 2002 at the Nottingham Forest Football Club, Nottingham, UK.* HOLDICH D.M., SIBLEY P.J. (Eds), Environment Agency, Bristol, UK, 15-34.
- Holdich, D.M., Black, J., 2007. The spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1987) [Crustacea:Decapoda:Cambaridae], digs into the UK. *Aquatic Invasions* 2, 1-16.
- 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'Historie naturelle, Paris, 49-130.
- Holdich, D.M., Reynolds, J.D., Souty-Grosset C., Sibley, P.J., 2009. A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 11, 394-395.
- Huang, T.S., Cerenius, L. and Söderhäll, K., 1994. Analysis of genetic diversity in the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci*, by random amplification of polymorphic DNA. *Aquaculture* 126, 1-9.
- Chybowski, L., 2007. Morphometrics, fecundity, density, and feeding intensity of the spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Raf.) in natural conditions. *Archives of Polish Fisheries* 15, 175-241.

- Johnson, T.W., Jr., Seymour, R.L., Padgett, D.E., 2002. Biology and the systematics of the Saprolegniaceae. National Science Digital Library, University of North Carolina, Wilmington, NC.
- Jussila, J., Makkonen, J., Vainikka, A., Kortet, R., Kokko, H., 2011. Latent crayfish plague (*Aphanomyces astaci*) infection in a robust wild noble crayfish (*Astacus astacus*) population. *Aquaculture* 321, 17-20.
- Jussila, J., Mannonen, A., 2004. Crayfisheries in Finland, a short overview. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 263-273.
- Kossakowski, J., 1966. *Raki*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 292.
- Kouba, A., Bláha, M., Kozák, P., Mráz, J., Kuklina, I., Salon, F., 2012. Monitoring výskytu raků a ověření úspěšnosti reintrodukce raka říčního na území NP Šumava. *Vodňany*, 1-16.
- Kouba, A., Buřič, M. & Petrusek, A., 2013. Druhy raků v Evropě. In: Kozák, P., Ďuriš, Z., Petrusek, A., Buřič, M., Horká, I., Kouba, A., Kozubíková, E. & Polícar, T. (eds): *Biologie a chov raků*. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, 75-152.
- Kouba, A., Kozák, P., Mráz, J., Kuklina, I., 2011. Monitoring a zhodnocení výskytu raků na území NP a CHKO Šumava. *Vodňany*, 1-23.
- Kozák, P., Buřič, M., Kouba, A. 2013. Reprodukce a životní cyklus. In: Kozák, P., Ďuriš, Z., Petrusek, A., Buřič, M., Horká, I., Kouba, A., Kozubíková, E. & Polícar, T. (eds): *Biologie a chov raků*. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, 189-221.
- Kozák, P., Buřič, M., Polícar, T., 2006. The fecundity, time of egg development and juveniles production in spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) under controlled conditions. *Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture*, 380-381, 1171-1182.
- Kozák, P., Polícar, T., Buřič, M., Kouba, A., 2009. Základní morfologické znaky k rozlišení raků v ČR (2. Přepřacované vydání). *Edice Metodik (technologická řada)*, FROV JU Vodňany, č. 92, 27.
- Kozubíková, E., 2011. Detekce, rozšíření, diverzita a fylogeneze původce račího moru *Aphanomyces astaci* (*Oomycetes*). *Dizertační práce*, Univerzita Karlova v Praze, 1-18.
- Kozubíková, E., Filipová, L., Kozák, P., Ďuriš, Z., Martín, M.P., Diéguez-Uribeondo, J., Oidtmann, B., Petrusek, A., 2009. Prevalence of the Crayfish Plague Pathogen *Aphanomyces astaci* in Invasive American Crayfishes in the Czech Republic. *Conservation Biology*, 23 (5), 1204-1213.
- Kozubíková, E., Horká I., 2013. Nemoci, paraziti a komezállové raků. In: Kozák, P., Ďuriš, Z., Petrusek, A., Buřič, M., Horká, I., Kouba, A., Kozubíková, E. & Polícar, T. (eds): *Biologie a chov raků*. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, 249-279.
- Kozubíková, E., Petrusek, A., Ďuriš, Z. and Oidtmann, B., 2007. *Aphanomyces astaci*, the crayfish plague pathogen, may be a common cause of crafish mass mortalities in the Czech Republic. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 27, 79-82.



- Kozubíková, E., Petrusek, A., Ďuriš, Z., Kozák, P., Geiger, S., Hoffmann, R. and Oidtmann, B., 2006. The crayfish plague in the Czech Republic-Review of recent suspect cases and pilot detection study. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 1313-1323.
- Kozubíková, E., Petrusek, A., Ďuriš, Z., Martin, P., Diéguez-Uribeondo, J. and Oidtmann, B., 2008. The old menace is back: Recent crayfish plague outbreaks in the Czech Republic. *Aquaculture* 274, 208-217.
- Laurent, P. J., 1973. *Astacus* and *Cambarus* in France. *Freshwater Crayfish* 1, 69-78.
- Lindqvist, O.V., Huner, J.V., 1999. Life history characteristics of crayfish: what makes some of them good colonizers? In: Gherardi, F., Holdich, D.M. (Eds), *Crayfish in Europe as alien species: How to make the best of the bad situation?* A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 23-30.
- Lodge, D.M., Hill, A.M., 1994. Factors governing species composition, population size, and productivity of cool-water crayfish. *Nordic J. Freshwat. Res.* 69, 111-136.
- Lodge, D.M., Stein, R.A., Brown, K.M., Covich A.P., Bronmark, C., Garvey, J.E., Klosiewski S.P., 1998a. Predicting impact of freshwater exotic species on native biodiversity: challenges in spatial scaling. *Aust. J. Ecol.*, 23, 53-67.
- Lodge, D.M., Stein, R.A., Brown, K.M., Covich, A.P., Bronmark, C., Garvey, J.E., Klosiewski, S.P. 1998. Predicting impact of freshwater exotic species on native biodiversity challenges in spatial scaling. *Aust. J. Ecol.* 23, 53-67.
- Lodge, D.M., Taylor, C.A., Holdich, D.M., Skurdal, J., 2000. Nonindigenous crayfishes threaten North American freshwater biodiversity. *Fisheries* 25, 7-20.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M., 2004. 100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the Global Invasive Species Database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG), a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the IUNC, Gland, Switzerland, 2-11.
- Momot, W.T., 1995. Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems. *Rev. Fish. SCI.* 3, 33-63.
- Nylund, V., Kirjavainen, J., Tulonen, J., Westman, K., 1993. The spread of crayfish plague (*Apfanyomyces astaci*) and its effects on the noble crayfish (*Astacus astacus*) population in the Lake Ormajavi waterway in Finland in 1988-1991. *Freshwater Crayfish* 9.
- Nyström, P., Ecology, 2002. In: Holdich D.M. (ed). *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science, London, 192-224.
- Perdikaris, C., Kozák, P., Kouba, A., Konstantinidis, E., Paschos, I., 2012. Socio-economic drivers and non-indigenous freshwater crayfish species in Europe. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 404, 1.
- Petrusek, A., Filipová, L., Ďuriš, Z., Horká, I., Kozák, P., Polícar, T., Štambergová, M. & Kučera, Z., 2006. Distribution of the invasive spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in the Czech Republic, Past and Present. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 380-381, 903-918.

- Pyšek, P., Jarošík, V., Hulme, P.E., Kühn, I., Wild, J., Arianoutsou, M., Bacher, S., Chiron, F., Didžiulis, V., Essl, F., Genovesi, P., Gherardi, F., Hejda, M., Kark, S., Lambdon, P.W., Desprez-Loustau, M.L., Nentwid, W., Pergl, J., Pobljšaj, K., Rabitsch, W., Roques, A., Roy, D.B., Shirley, S., Solarz, W., Vila, M., Winter, M., 2010. Disentangling the role of environmental and human pressures on biological invasions across Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107, 12157-12162.
- Reynolds, J.D., 2011. A review of ecological interactions between crayfish and fish, indigenous and introduced. *Knowledge and management of Aquatic Ecosystems* 401, 10.
- Rhoades, R. 1962. The evolution of crayfishes of the genus *Orconectes* section *Limosus*. *Ohio Journal of Sciences*. 62 (2), 62-96.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, Dirzo, R., Hubr-Sannwald, E., Huenneke, L., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H., 2000. Biodiversity scenarios for the years 2100. *Science* 287, 1770-1774.
- Schindler, D.E., Scheuerell, M.D., 2002. Habitat coupling in lake ecosystems. *Oikos*, 98, 177-189.
- Skurdal, J., Taugbøl, T., 2002. *Astacus*. In: Holdich, D.M., (Ed.), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science Ltd., Oxford, 467-510.
- Söderhäll, K., Cerenius, L., 1999. The crayfish plague fungus: History and recent advances. *Freshwater Crayfish* 12, 11-35.
- Somers, K.M., Green, R.H., 1993. Seasonal patterns in trap catches of the crayfish *Cambarus bartoni* and *Orconectes virilis* in six south-central Ontario lakes. *Can. J. Zool.* 71, 1136-1152.
- 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, Paris, 187.
- Stein, R.A., 1976. Sexual dimorphism in crayfish chelae: functional significance linked to reproductive activities. *Can. J. Zool.*, 54, 220-227.
- Stucki, T.P., 2002. Differences in live history of native and introduced crayfish species in Switzerland, *Freshwater crayfish*, 13, 463-467.
- Svoboda, J., 2011. Přenos a detekce račího moru v experimentálních podmínkách. Diplomová práce, Univerzita Karlova v Praze, 78.
- Svobodová, J., Vlach, P. & Fischer, D. 2010: Legislativní ochrana raků v České republice a ostatních státech Evropy. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 52 (4), 1-5.
- Štambergová, M., Svobodová, J., Kozubíková, E., 2009. Raci v České republice. AOPK, Praha, 255s.
- Štěpán, V. J., 1932-33. Soudobý stav rakařství v Čechách. *Separatum. Československý rybář*, 1932-33, Vodňany, 20.
- Taugbol, T., 2004. Reintroduction of noble crayfish *Astacus astacus* after crayfish plague in Norway. *Bull. Fr. Pêche Piscis.*, 315-328.

- Unestam, T., 1969. Resistance to the crayfish plague in some American, Japanese and European crayfishes. Report of the Institute of the Freshwater Research Drottningholm 49, 202-209.
- Unestam, T., 1973. Significance of disease on freshwater crayfish. *Freshwater Crayfish* 1, 135-150.
- Vila, M., Basnou, C., Gollasch, S., Josefsson, M., Pergl, J., Scalera, R., 2009. One hundred of the most invasive alien species in Europe. In: DAISIE (eds.). *Handbook of alien species in Europe*, 400.
- Vogt, G., 2002. Functional Anatomy. In: Holdich, D.M. (Ed.), *Biology of Freshwater Crayfish*, Blackwell Science Ltd., Oxford, 53-151.
- Vojtkovská, R., Horká, I., Ďuriš, Z., 2012. Spektrum potravy raka pruhovaného v České republice. Studenská vědecká konference 2012-Věda má budoucnost. Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity.
- Werner, E.E., Hall, D.J., 1988. Ontogenic habitats shifts in bluegill: the foraging rate-predation risk trade-off. *Ecology*, 69, 1352-1366.
- Wilson, K.A., Magnuson, J.J., Lodge, D.M., Hill, A.M., Kratz, T.K., Perry, W.L. and Willis, T.V., 2004. A long-term rusty crayfish (*Orconectes rusticus*) invasion: dispersal patterns and community change in a north temperate lake. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 61, 2555-2566.

## 8. Přílohy

Tab. č. 1 . Počty jedinců odlovených do vrší dne 18. 7. 2012 na lokalitě č. 1. Doplněny o údaje délky hlavohrudi (DH) v mm, postorbitální délky hlavohrudi (PODH) v mm a hmotnosti v g.

<b>Lokalita</b>	č. 1.		
<b>Datum</b>	18. 7. 2012		
<b>Metoda odlovu</b>	Vrše		
<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>PODH</b>	<b>Hmotnost</b>
♀	40,7	29,42	17,83
♀	46	34,2	29,71
♀	43,72	32,16	21,26
♀	40,56	30,2	17,67
♂	36,8	27,3	13,12
♂	38,34	28,18	14,15

Tab. č. 2 . Počty jedinců odlovených 19. 7. 2012 do vrší na lokalitě č. 1. Zaznamenány jsou údaje o délce hlavohrudi (DH) v mm, postorbitální délce hlavohrudi (PODH) v mm a hmotnosti v g.

<b>Lokalita</b>	č. 1.			
<b>Datum</b>	19. 7. 2012			
<b>Metoda odlovu</b>	Vrše			
<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>PODH</b>	<b>Hmotnost</b>	<b>Pozn.</b>
♀	43,18	32,78	19,96	
♀	39,48	28,82	15,3	Regenerát-
♀	30,28	22,1	6,77	
♀	35	26,28	12,83	
♂	36,24	26	12,36	
♂	33	23,66	8,91	

Tab. č. 3 . Počty odlovených jedinců do vrší dne 19. 7. 2012 na lokalitě č. 2. Zaznamenány jsou údaje o délce hlavohrudi (DH) v mm, postorbitální délce hlavohrudi (PODH) v mm a hmotnosti v g.

<b>Lokalita</b>				
<b>Datum</b>				
<b>Metoda odlovu</b>				
<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>PODH</b>	<b>Hmotnost</b>	<b>Pozn.</b>
♀	37,38	27,3	15,09	Regenerát-levé

Tab. č. 4 . Počty odlovených jedinců ♀ a ♂ do vrší dne 19. 7. 2012 na lokalitě č. 3. Zaznamenány jsou údaje o délce hlavohrudi (DH) v mm, postorbitální délce hlavohrudi (PODH) v mm a hmotnosti v g.

<b>Lokalita</b>	č. 3.			
<b>Datum</b>	19. 7. 2012			
<b>Metoda odlovu</b>	Vrše			
<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>PODH</b>	<b>Hmotnost</b>	
♀	29,9	22,7	6,92	
♂	30,2	22,15	6,67	

Tab. č. 5 . Počty ručně odlovených jedinců ♀ dne 11. 10. 2012 na lokalitě č. 4. Zaznamenán je i údaj o délce hlavohrudi (DH) v mm a dále zda byla samice pohlavně zralá.

Lokalita	č. 4.							
Datum	11. 10. 2012							
Metoda odlovu	Ruční odlov							
Pohlav	DH	Pozn.	Pohlaví	DH	Pozn.	Pohlaví	DH	Poz
♀	20		♀	29	zralá	♀	15	
♀	22		♀	31	zralá	♀	15	
♀	18		♀	26	zralá	♀	19	
♀	14		♀	22	zralá	♀	19	
♀	16		♀	29	zralá	♀	20	
♀	16		♀	30	zralá	♀	19	
♀	21		♀	30	zralá	♀	20	
♀	19		♀	16		♀	17	
♀	15		♀	26	zralá	♀	20	
♀	17		♀	15		♀	17	
♀	31	zralá	♀	17		♀	28	zralá
♀	28	zralá	♀	18		♀	15	
♀	31	zralá	♀	20	zralá	♀	23	
♀	27		♀	16		♀	17	
♀	21		♀	13		♀	27	zralá
♀	17		♀	17		♀	18	
♀	18		♀	24	zralá	♀	17	
♀	18		♀	28		♀	19	
♀	19		♀	20		♀	19	
♀	17		♀	19		♀	20	zralá
♀	19		♀	27	zralá	♀	17	
♀	19		♀	15		♀	14	
♀	16		♀	18		♀	13	

Tab. č. 6 . Počty ručně odlovených ♂ dne 11. 10. 2012 na lokalitě č. 4. Zaznamenán je údaj o délce hlavohrudi (DH) v mm.

<b>Lokalita</b>	č. 4.						
<b>Datum</b>	11. 10. 2012						
<b>Metoda odlovu</b>	Ruční odlov						
<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>
♂	16	♂	16	♂	28	♂	21
♂	19	♂	17	♂	21	♂	21
♂	17	♂	15	♂	30	♂	18
♂	18	♂	31	♂	24	♂	17
♂	20	♂	27	♂	14	♂	19
♂	18	♂	29	♂	16	♂	20
♂	21	♂	17	♂	17	♂	17
♂	20	♂	15	♂	30	♂	20
♂	20	♂	18	♂	20	♂	17
♂	20	♂	19	♂	18	♂	22
♂	20	♂	20	♂	19	♂	19
♂	30	♂	20	♂	20	♂	23
♂	19	♂	18	♂	16	♂	18
♂	19	♂	18	♂	17	♂	16
♂	19	♂	21	♂	18	♂	18
♂	20	♂	21	♂	17	♂	17
♂	23	♂	22	♂	17	♂	22

Tab. č. 7 . Počty ručně odlovených jedinců ♀ a ♂ na lokalitě č. 5. Zaznamenán je údaj o délce hlavohrudí (DH) v mm.

<b>Lokalita</b>	č. 5.						
<b>Datum</b>	20. 10. 2012						
<b>Metoda odlovu</b>	Ruční odlov						
<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>
♀	27	♀	20	♂	20	♂	20
♂	18	♂	23	♂	21	♂	17
♂	16	♂	17	♀	26	♂	20
♂	21	♂	18	♂	14	♂	14
♀	24	♀	13	♂	18	♀	21
♂	17	♂	16	♂	15	♂	15

Tab. č. 8 . Počty ručně odchycených jedinců ♀ a ♂ dne 10. 10. 2012 na lokalitě č. 6. Zaznamenán je údaj o délce hlavohrudí (DH) v mm.

<b>Lokalita</b>	č. 6.						
<b>Datum</b>	10. 10. 2012						
<b>Metoda odlovu</b>	Ruční odlov						
<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>
♀	21	♀	13	♂	21	♂	13
♀	17	♀	23	♂	27	♂	19
♀	13	♂	15	♂	17	♂	20



Tab. č. 9 . Počet ručně odlovených jedinců ♀ a ♂ dne 20. 10. 2012 na lokalitě č. 8. Zaznamenán je údaj o délce hlavohruď (DH) v mm.

<b>Lokalita</b>	č. 8.						
<b>Datum</b>	20. 10. 2012						
<b>Metoda odlovu</b>	Ruční odlov						
<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>
♂	23	♂	20	♀	21	♂	18

Tab. č. 10 . Počty ručně odlovených jedinců ♀ a ♂ dne 11. 10. 2012 na lokalitě č. 9. Zaznamenán je údaj o délce hlavohruď v mm (DH).

<b>Lokalita</b>	č. 9.						
<b>Datum</b>	11. 10. 2012						
<b>Metoda odlovu</b>	Ruční odlov						
<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>
♂	29	♂	27	♀	17	♂	20
♀	19	♀	23	♀	19	♀	18
♂	30	♂	22	♀	17	♂	15
♂	28	♀	19	♀	17	♀	15
♂	27	♂	19	♀	19	♂	16
♂	13	♂	15	♂	17	♀	14
♂	17	♀	16	♀	17		

Tab. č. 12 . Počet ručně odlovených jedinců ♀ a ♂ dne 16. 9. 2013 na lokalitě č. 14. Zaznamenán je údaj o délce hlavohruď (DH) v mm.

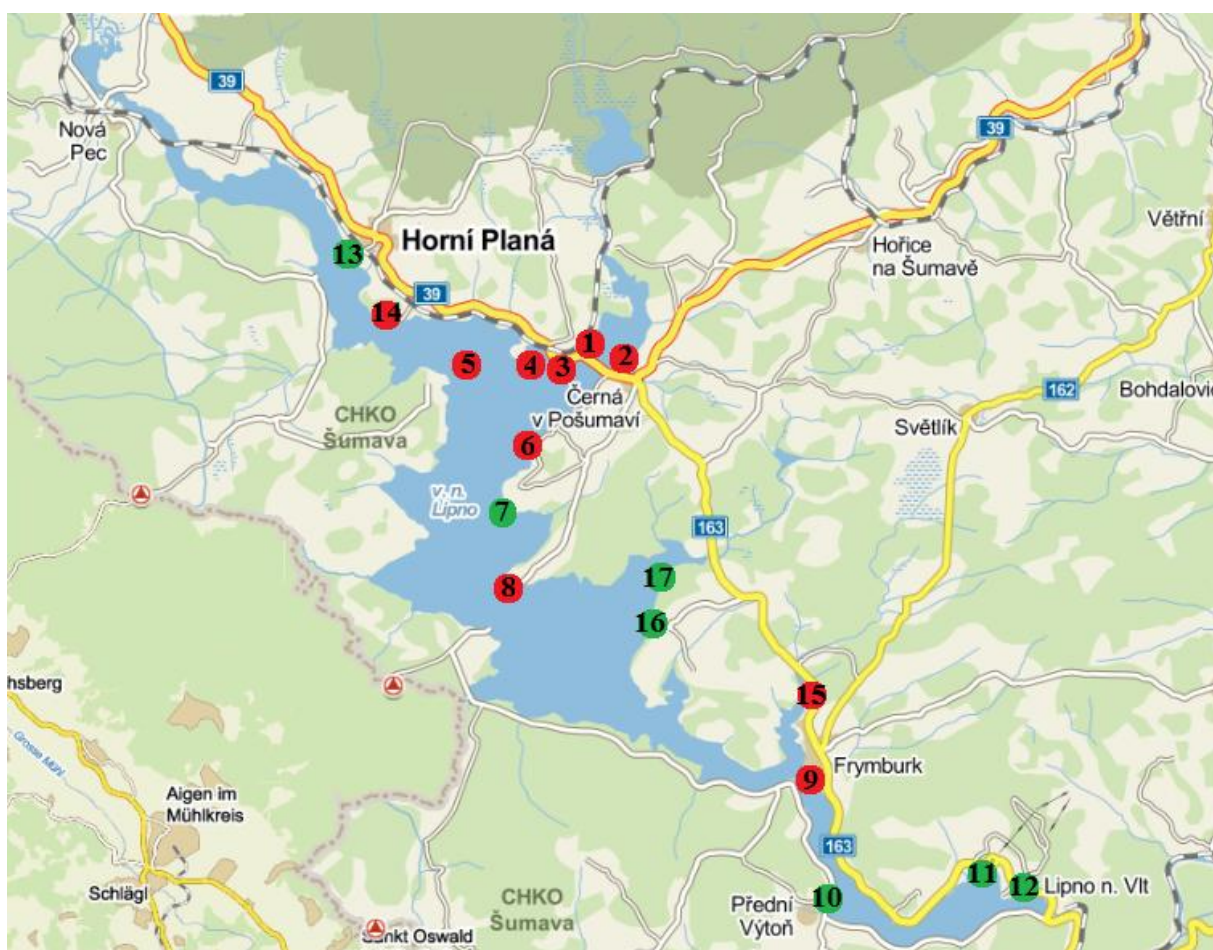
<b>Lokalita</b>	č. 14.						
<b>Datum</b>	16. 09. 2013						
<b>Metoda odlovu</b>	Ruční odlov						
<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>
♀	16	♂	18	♂	20	♂	15

Tab. č. 13. Počet ručně odlovených jedinců ♀ a ♂ dne 1. 10. 2013 na lokalitě č. 15. Zaznamenán je údaj o délce hlavohruď (DH) v mm.

<b>Lokalita</b>	č. 15.		
<b>Datum</b>	01. 10. 2013		
<b>Metoda odlovu</b>	Ruční odlov		
<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>DH</b>
♀	16	♀	19
♂	21	♂	14
♂	17		

Tab. č. 11. Lokality, na kterých nebyl v průběhu monitoringu odchycen ani jeden jedinec raka pruhované.

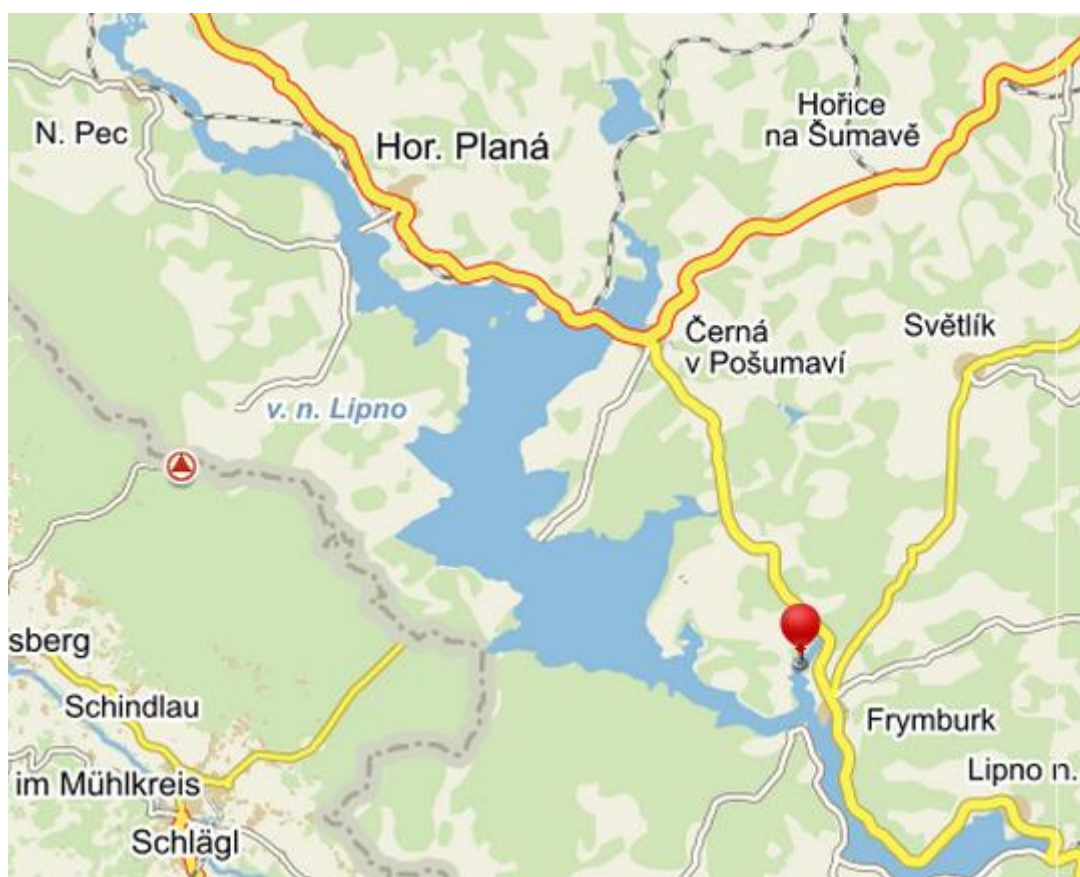
<b>Lokalita</b>	<b>Datum</b>	<b>Způsob odlovu</b>	<b>Počet exemplářů</b>
č. 7	11. 10. 2012	ruční odlov	0
č. 10	11. 10. 2012	ruční odlov	0
č. 11	11. 10. 2012	ruční odlov	0
č. 12	11. 10. 2012	ruční odlov	0
č. 13	16. 09. 2013	ruční odlov	0
č. 16	1. 10. 2013	ruční odlov	0
č. 17	1. 10. 2013	ruční odlov	0



Obr. č. 1. Mapa vodní nádrže Lipno. Rozmístění lokalit, červeně jsou vyznačeny lokality s potvrzeným výskytem raka pruhovaného, v případě zeleného značení nebyl v dané lokalitě rak pruhovaný pozorován. Nejpoužívanější metodou lovu byl odchyt do ruky za pomoci síťky. Na lokalitách číslo 1-3 byl proveden odlov za pomoci vrší (viz obr. č. 6). Mapový podklad pochází z [www. mapy.cz](http://www.mapy.cz).



Obr. č. 2. Detail Malého Lipna. Červeně znázorněny lokality s potvrzeným výskytem raka pruhovaného. Černě zaznamenané pozice vrší vylovených 18. 7. 2012 a fialově pozice vrší vylovených 19. 7. 2012. Mapový podklad pochází z [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz).



Obr. č. 3. Mapa vodní nádrže Lipno, červeným balonkem znázorněna lokalita s umístěnými tenaty. Mapový podklad pochází z [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz).



Obr. č. 4. Detailní snímek rozmístění potopených smrků, na které byla instalována tenata.



Obr. č. 5. Zkompletování vrší, kladení nástrah a následná instalace linie brození na lokalitě č. 3  
(17. 7. 2012).





Obr. č. 6. Instalace vrší pomocí lodě poháněné elektrickým motorem na lokalitě č. 2. (17. 7. 2012)



Obr. č. 7. Prohledávání veškerých potenciálních úkrytů v litorálních partiích ÚN Lipno. Lov do ruky za pomoci síťky.



Obr. č. 8. Exemlář raka pruhovaného odloveného na lokalitě č. 6, (10. 10. 2012).



Obr. č. 9. Okoun říční (CD 340mm) ulovený udicí s identifikovatelnými jedinci raka pruhovaného v žaludku (18. 7. 2012). Patrní jsou 2 jedinci.



Obr. č. 10. Štika obecná (CD 600 mm) s raky pruhovanými v žaludku. Patrní jsou přinejmenším 4 jedinci.

## 9. Abstrakt

Astakologický průzkum ÚN Lipno probíhal v letech 2012-2013. Pro samotné zmapování výskytu raka pruhovaného bylo vyčleněno celkem 17 lokalit. Na těchto monitorovacích územích byly provedeny 2 způsoby sběru vzorků. Jednalo se o odchyt jedinců pomocí vrší a do rukou, za pomoci sítě. U odchycených exemplářů raka pruhovaného bylo určeno pohlaví, změřena délka hlavohruď, eventuelně postorbitální délka hlavohruď. V průběhu celého monitoringu bylo odloveno 228 jedinců raka pruhovaného, 107 (47%) samic (DH= 21,5±7,3 mm), 121 (53%) samců (DH= 20,1±5 mm). Dalším záměrem této práce bylo prokázat, že rak pruhovaný figuruje v potravní nabídce ryb. Odlovy ryb probíhaly dvěma způsoby, lov ryb udicí a do tenat. U odchycených vzorků ryb byly analyzovány obsahy žaludků a střev. Pokud to stav obsahu žaludku nebo střeva dovozoval, bylo i identifikováno o jaký druh potravy se jedná. Do problematiky byly zahrnuty převážně piscivorní druhy ryb. Rak pruhovaný byl identifikován v žaludku u dvou druhů ryb a to u okouna říčního a štiky obecné.

**Klíčová slova:** rak pruhovaný, astakologický průzkum, interakce, predace, potrava, dravé ryby

## 10. Abstract

Astacologic survey took place in ÚN Lipno and was conducted in time from 2012 till 2013. For the actual mapping of the occurrence of spiny-cheek crayfish, the locations of total 17 places were detected. These monitoring areas were carried out in two ways for collecting the samples. The trapping of all individuals was achieved with special instruments, like pots or traps by hands or with the help of nets. For the caught specimens of spiny-cheek crayfish, which were determined by sex, the length of carapace was measured and as well if possible, the postorbital carapace length was taken. Throughout the whole monitoring, 228 individuals of spiny-cheek crayfish were caught in the amount of 107 (47%) females ( $CL = 21.5 \pm 7.3$  mm) and 121 (53%) males ( $CL = 20.1 \pm 5$  mm). Another aim of this work was to demonstrate that crayfish figure in fish food menu. Catches of fish were carried out in two ways, using fishing rods or into the clutches. The stomachs and intestines contents were analyzed at caught fish samples. If the condition of the contents of stomachs or intestines were allowed, it was also identified, what kind of food it was. For our annual issues, were included mainly species of piscivore fish. Spiny-cheek crayfish were identified in the stomachs of two species of fish, namely perch and pike.

**Key words:** Spiny-cheek crayfish, astacologic survey, interaction, predation, food, predatory fish