

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

KATEDRA RYBÁŘSTVÍ A MYSLIVOSTI
OBOR RYBÁŘSTVÍ

TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE

**POTRAVNÍ INTERAKCE MEZI DVĚMA
KOEEXISTUJÍCÍMI DRUHY NEPŮVODNÍCH KORÝŠŮ –
blešivce *Dikerogammarus villosus* a raka *Orconectes limosus***

Vypracoval:

Libor Kočí

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Kozák, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně, pouze s použitím uvedené literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce fakultou, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

Datum: 25. 4. 2009

Podpis:

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Kozákovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při realizaci této diplomové práce a všem zaměstnancům Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech za pomoc při realizaci pokusů. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi pomáhali při laboratorních pokusech a tvorbě diplomové práce.

Obsah:

1. Úvod	6
2. Literární přehled	8
2.1. Výskyt raků v ČR	8
2.2. Morfologie a fyziologie raků	8
2.2.1. Stavba těla.....	8
2.2.2. Fyziologie raka.....	9
2.2.3. Životní podmínky a potrava.....	10
2.3. Charakteristiky raka pruhovaného <i>Orconectes limosus</i>	11
2.3.1. Systematika zařazení raka.....	11
2.3.2. Původ.....	11
2.3.3. Rozšíření do Evropy.....	12
2.3.4. Rozšíření v ČR.....	12
2.3.5. Popis druhu.....	13
2.3.6. Prostředí, růst a potrava.....	14
2.3.7. Interakce a možná rizika.....	14
2.4. Výskyt blešivců v ČR	16
2.5. Morfologie a fyziologie blešivce <i>Dikerogammarus villosus</i>	16
2.5.1. Stavba těla.....	16
2.5.2. Prostředí, růst a potrava.....	17
2.6. Charakteristiky blešivce velkohrbého <i>D. villosus</i>	19
2.6.1. Systematika zařazení blešivce.....	19
2.6.2. Původ a rozšíření.....	19
2.6.3. Dynamika šíření.....	20
2.6.4. Rozšíření v ČR.....	21
2.6.5. Charakteristika české populace.....	22
2.6.6. Interakce a možná rizika.....	22
2.7. Vzájemná interakce	23

3. Materiál a metodika.....	25
3.1. Příprava materiálu.....	25
3.1.1. Odlov blešivce.....	25
3.1.2. Přeprava a uskladnění blešivce.....	25
3.1.3. Odchov ráčat na aparátech.....	26
3.1.4. Příprava akvárií a ostatních pomůcek.....	26
3.2. Metodika experimentu.....	27
3.2.1. Individuální odchov I.....	27
3.2.2. Individuální odchov II.....	27
3.2.3. Individuální odchov III.....	28
3.2.4. Skupinová odchov.....	28
4. Výsledky.....	30
4.1. Laboratorní výsledky individuálních odchovů.....	30
4.1.1. Individuální odchov I.....	30
4.1.2. Individuální odchov II.....	31
4.1.3. Individuální odchov III.....	34
4.2. Laboratorní výsledky skupinového odchovu.....	38
5. Diskuse.....	45
6. Závěr.....	51
7. Použitá literatura.....	53
8. Přílohy.....	60

1. Úvod

Korýši (*Crustacea*), třída členovců (*Arthropoda*) na mnoze ve vodě žijících, žábry dýchajících, s tělem na mnoze zřetelně členitým, různě upraveným a opatřeným řadou párovitých okončetin (Ottův slovník naučný, 1899).

Dnes jsou korýši klasifikováni jako podkmen členovců. Tento podkmen zahrnuje asi 52 000 druhů převážně vodních živočichů.

Vodní korýši představují velmi rozmanitou skupinu živočichů, od jedinců mikroskopické velikosti až po jedince robustně stavěné dosahující velikosti několik desítek centimetrů. Vzhledem ke své početnosti jsou důležitou složkou vodních ekosystémů a mají klíčovou roli v mnohých potravních řetězcích. Tyto skutečnosti naznačují nutnost zástupce takto různorodé skupiny živočichů co nejvíce prozkoumat a seznámit se z jejich životními podmínkami.

Stejně jako u dalších zástupců živočišné říše dochází i u korýšů k záměrné či nahodilé introdukci a k obsazování nových stanovišť alochotními druhy. Většinou vlivem člověka dochází k osídlování nových biotopů nepůvodními druhy korýšů, kde způsobují značné škody, zejména v druhovém složení vodních živočichů – biodiverzitě vodního prostředí. Způsob interakce je přímý, kdy se místní zvířena stává jejich kořistí, ale i nepřímý, osídlováním teritorií původních živočichů, konkurenčním bojem v získávání potravy, ale také přenosem nebezpečných chorob a nálezů na původní obyvatele.

Se stejným problémem se potýká i Česká republika. Mezi nejznámější a nejrozšířenější nepůvodní korýše způsobující značné ekologické problémy patří zástupce čeledi *Cambaridae* rak pruhovaný *Orconectes limosus* a zástupce čeledi *Gammaridae* blešivec velkohrbý *Dikerogammarus villosus*. Oba tyto druhy se vyznačují značnou migrační schopností, velkou agresivitou, odolností vůči znečištěné vodě a rychlým životním cyklem. Rak pruhovaný pak oproti původním druhům raků rezistentností vůči račímú moru a celodenní aktivitou. Zástupci původních blešivců obecně vykazují vysokou citlivost na kvalitu životního prostředí, naproti tomu blešivec velkohrbý je značně odolný a nenáročný na kvalitu prostředí.

Ačkoli existují práce zabývající se biologií a rozšířením původních druhů raků a blešivců, o biologii a velikosti expanze raka pruhovaného a blešivce velkohrbého je toho publikováno velmi málo. S trochou nadsázky lze ovšem konstatovat, že publikované životní nároky a ekologické vztahy původních zástupců těchto čeledí jsou opačné a přesně

vymezeny oproti široké valenci přizpůsobení se životním podmínkám a nárokům těchto dvou nepůvodních druhů.

Cílem této diplomové práce je zkoumání vzájemných vztahů, zejména potravní interakce mezi těmito druhy, vyskytující se a obsazující stejná stanoviště. Vzhledem ke stejné potravní preferenci, širokému okruhu potravních zdrojů, dravosti a způsobu života lze očekávat mezidruhovou predaci mezi zástupci těchto nepůvodních korýšů.

Výsledek diplomové práce by měl přispět k přiblížení se poznatkům o chování, zejména vzájemných predačních schopnostech těchto dvou živočichů, kteří stále více a zatím bez náznaiku snížení rychlosti expandují do vod České republiky a výrazně se podílejí na změně druhového zastoupení živočichů dna.

2. Literární přehled

2.1. Výskyt raků v ČR

Ve volné přírodě známe v současné době z našeho území pět druhů raků. Mezi evropsky významné druhy patří u nás prokazatelně původní rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* a rak říční *Astacus astacus*. Třetím původně evropským a u nás zdomácnělým druhem, který je rovněž chráněn zákonem, je rak bahenní *Astacus leptodactylus*. Existence těchto tří druhů je mimo jiné silně ohrožována dvěma nepůvodními druhy pocházejícími se Severní Ameriky. Jsou jimi rak pruhovaný *Orconectes limosus* a rak signální *Pacifastacus leniusculus* (Chobot et al., 2008). Rak signální k nám byl importován v 80. letech ze Švédska za účelem produkce tržních raků. *Orconectes limosus* se na naše území rozšířil zřejmě přirozenou cestou po řece Labi z Německa, kam byl neuváženě importován a rozšiřován v průběhu tohoto, ale také již i minulého století.

V budoucnu je zde možnost, že se v naší přírodě setkáme ještě z jedním druhem raka. Jedná se o teplomilný druh *Procambarus clarkii*, česky nazývaný červený rak, původem také z Ameriky (Kozák et al., 1998).

2.2. Morfologie a fyziologie raků

2.2.1. Stavba těla

Tělo raka se skládá ze tří částí: hlavohruď (cephalothorax), zadku (abdomen) a končetin (Krupauer, 1968). Krunýř kryje celou hrud', takže hrudní články nejsou samostatně pohyblivé, první tři hrudní články jsou srostlé s hlavou (Kratochvíl, 1973). Krunýř (carapax) je tvořen chitinem, prostoupeným uhličitánem a fosforečnanem vápenatým, dále obsahuje dvě základní barviva: blankytnou modř (cyanokrystalin) a sytou červeň (crustaceorubin) (Krupauer, 1968).

Hlavohrudí raka je asi uprostřed své délky rozděleno příčnou mělkou rýhou na dvě části. Je to hranice mezi hlavou a hrudí. Krunýř hlavové části vybíhá dopředu ve výrazný

rypec (rostrum) (Krupauer, 1968). Na hřbetě tvoří rozrostlý hřbetní tyl (tergum) (Kratochvíl, 1973). Pevný hlavohrudní krunýř kryje po obou bocích dutinu s dýchacím ústrojím, které představují vláknité žábry (Dubský et al., 2003).

Oči jsou složené, spočívající na pohyblivých stoncích (Kratochvíl, 1973).

Raci mají 19 párů končetin (Holdich, 2002). Končetiny jsou přívěsky hlavy, hrudi i zadečku. Základem končetin je fylogeneticky původní dvojitěvětvená končetina tvořená dvoučlánkovým základem (protopodit) a dvěma vícečlánkovými větvemi: vnější (exopodit) a vnitřní (endopodit) (Kratochvíl, 1973).

Čelní článek (acron) nese první pár tykadel. Jejich funkce je smyslová (čich, hmat). Druhý článek hlavy nese druhý pár tykadel (Kratochvíl, 1973). Vyvýšeniny u vnějších tykadel (anteny) jsou považovány za sluchové váčky (Holdich, 2002). Třetí hlavový článek má končetiny přeměněny na kusadla (Kratochvíl, 1973). Kusadla (mandibulae) jsou velmi masivní, slouží k rozmělnění potravy. Na každém kusadle je drobně vroubkovaná dáseň a z boku ze tří článků složené makadlo (palpus). V těsné blízkosti ústního otvoru jsou i dva páry destičkovitých čelistí. Další tři páry končetin jsou čelistní nožky (maxillipes) (Krupauer, 1968).

Hrudní končetiny mají pohybovou funkci (Kratochvíl, 1973). Nerozvětvuují se jako čelistní nožky. Nejmohutnější z nich je první pár – klepeta. Také další dvě dvojice končetin jsou opatřeny drobnými klepítky, zatímco zbylé dva páry jsou ukončeny jen háčky. Končetiny zadečku se nazývají pleopody, jsou tvořeny pěti páry. U samců jsou první dva páry pleopodů přeměněny na kopulační orgán (gonopody) (Holdich, 2002). Poslední článek těla (telson) končetiny nemá (Kratochvíl, 1973).

2.2.2. Fyziologie raka

Cévní soustava je otevřená. Srdce, vakovitý orgán, leží v uzavřené dutině – osrdečnickovém vaku (perikard). Z předního okraje vybíhají tři tepny (arterie) – nepárová přední aorta, zásobující krví oči a mozek a dvě tepny přivádějící krev k játrům, pohlavním orgánům a tykadlům. Ze zadní části srdce vystupuje zadní aorta, která se rozděluje na dvě větve: horní neboli hřbetní a dolní – břišní. Horní rameno se táhne nad stěvem celým zadkem až k ocasu. Břišní větev se opět člení na dvě části. Jedna probíhá spodinou těla do hlavohrudí, druhá do zadečku. Břišní arterie zásobuje krví především nervovou soustavu a končetiny. Odkysličenou krev z celého těla sbírá břišní žíla a odvádí ji do žaber. Ze žaber

přichází okysličená krev cévami do osrdečnickového vaku. Krev je bezbarvá, neboť neobsahuje červené krevní barvivo (Krupauer, 1968).

Téměř celý prostor přední části hlavohrudí vyplňuje objemný, svalnatý žaludek. Krátký jícen je spojnicí mezi ústním otvorem a vlastní dutinou žaludku. Na zadní stranu žaludku se napojuje střevo, probíhá přímočaře celým zadečkem a vyúsťuje až v řitním otvoru. Prostor mezi žaludkem a srdcem vyplňují velká játra, rozdělená několika laloky. Vedle jater se v dutině hlavohrudí nacházejí i nazelenalé ledviny. Vývody ledvin vyúsťují u základního článku druhého páru tykadel (Krupauer, 1968).

Raci jsou gonochristé, jejich vývoj je přímý, probíhá ve vaječných obalech (Kratochvíl, 1973). Gonády (samčí i samičí) jsou uloženy v dutině hlavohrudí, v prostoru pod srdcem. Varlata mají tvar klubíček, které v době rozmnožování téměř zdvojnásobují svůj objem, spermie jsou odváděny chámovody, vyúsťujícími u kořene pátého páru chodících nohou.

Vaječníky jsou vakovité, jejich barva a velikost se mění v úzké návaznosti na vývoj vajíček, vejcovody jsou krátké a ukončeny u kořene třetího páru chodících nohou (Krupauer, 1968).

Nervová soustava je tvořena bělavým provazcem táhnoucím se od přední části hlavohrudí až do zadečku. Tento provazec je místy zesílen a tvoří nervové uzliny. Každý článek račího těla je opatřen jednou uzlinou z níž vybíhají na všechny strany různě dlouhá vlákna. V hlavohrudí splývají uzliny ve větší celky, které se označují podle místa, kde se nacházejí (uzlina mozková, podjícnová) (Krupauer, 1968).

2.2.3. Životní podmínky a potrava

Obecně lze konstatovat, že raci žijí především v řekách a potocích, ale i v drobných potůčcích, hlubších a chladnějších rybnících i ve vhodných úsecích vodních nádrží. Mohou nalézt požadované prostředí i ve vodou zatopených lomech a pískovnách. Raci dávají přednost tokům a nádržím s přirozenými, spíše příkřejšími, hlinitými nebo jílovými břehy, s dostatkem úkrytů jako jsou podemleté břehy, mezery mezi kameny a pod nimi, díry po kořenech, spleť splývajícího koření, spáry v tarasech hrází a břehů apod. Rovněž dno musí být kamenité, písčité nebo hlinitojílové. Za optimální hloubku výskytu raků se uvádí vodní sloupec o výšce 1 – 1,5 m. (Krupauer, 1981). Stejně tak Krupauer (1981) uvádí schopnost raka přizpůsobit se různým hloubkám, jsou však velice citliví na časté kolísání vodní hladiny.

Raci a koryši obecně osidlují jen ty vody, která vykazuje vyšší obsah vápníku (dostatek minerálů k tvorbě tělních krunýřů). Nesvědčí jim ovšem intenzivně rybářsky využívané vody, které se vyznačují vysokým stupněm obhospodařování a vysokým organickým zatížením (Krupauer, 1968)

Potrava raků je různorodá, zpravidla během noci loví měkkýše, červy, členovce, živí se zdechlinami žab, ryb apod. nebo pojídá i rostlinou hmotu (nárůstky řas, ponořené makrofyta, opad listů ze stromů atd.). Složení potravy se částečně mění s věkem. Stářím přibývá potravy živočišné (Kratochvíl, 1973).

2.3. Charakteristiky raka pruhovaného *Orconectes limosus*

2.3.1. Systematika zařazení raka

<u>Kmen:</u>	<i>Arthropoda</i>	členovci	
<u>Podkmen:</u>	<i>Crustacea</i>	koryši	
<u>Třída:</u>	<i>Malacostraca</i>	rakovci	
<u>Řád:</u>	<i>Decapoda</i>	desetinožci	
		<u>Podčeleď:</u>	<u>Rod a druh:</u>
<u>Čeleď:</u>	<i>Cambaridae</i>	<i>Cambarinae</i>	<i>Orconectes limosus</i> (rak pruhovaný)

2.3.2. Původ

Původní výskyt rodu *Orconectes* se vymezoval na Severní Ameriku. Dnes je rozšířen od státu Alberta a Arizona směrem na východ až k Atlantiku, nevyskytuje se však na východním pobřeží od Jižní Karoliny po Floridu, jeho výskyt byl také zaznamenán v řece Rouge v Oregonu (Hobbs, 1974). V následujícím vývoji obsadil rod *Orconectes* mnoho rozličných stanovišť. Základní severoamerické oblasti výskytu *Orconectes limosus* v atlantském vodním předělu jsou Quebec, New Brunswick, Vermont, Massachusetts, Rhode Island, New Persey, New York, Connecticut, Delaware, Columbia, Maryland, Pennsylvania, Virginia a West Virginia (Hamr, 2002).

2.3.3. Rozšíření do Evropy

První introdukcí cizího raka do Evropy byl dovoz amerického raka pruhovaného *Orconectes limosus*. Poprvé byl přivezen z Pensylvánie v roce 1880 do Německa a vysazen v řece Metz (Holdich, 1987), odkud se částečně přirozenou migrací rozšířil nejprve do dalších německých vod a dále pak do vod Polska a Francie (Krupauer, 1981). Jeho vysazení mělo nahradit obrovské ztráty na původní račí populaci, které vznikly v důsledku tzv. „račího moru“. Toto plísňové onemocnění na konci 19. století téměř zlikvidovalo všechny raky v celé Evropě. Holdich et al. (1999) uvádí jeho rozšíření téměř v celé Evropě (Německo, Francie, Polsko, Česká republika, Slovensko, Nizozemí, Belgie, Švýcarsko, Španělsko, Rakousko, Itálii, Lucembursko, Maďarsko, Chorvatsko, Litvu, Bělorusko, Chorvatsko, Anglii a západní Rusko).

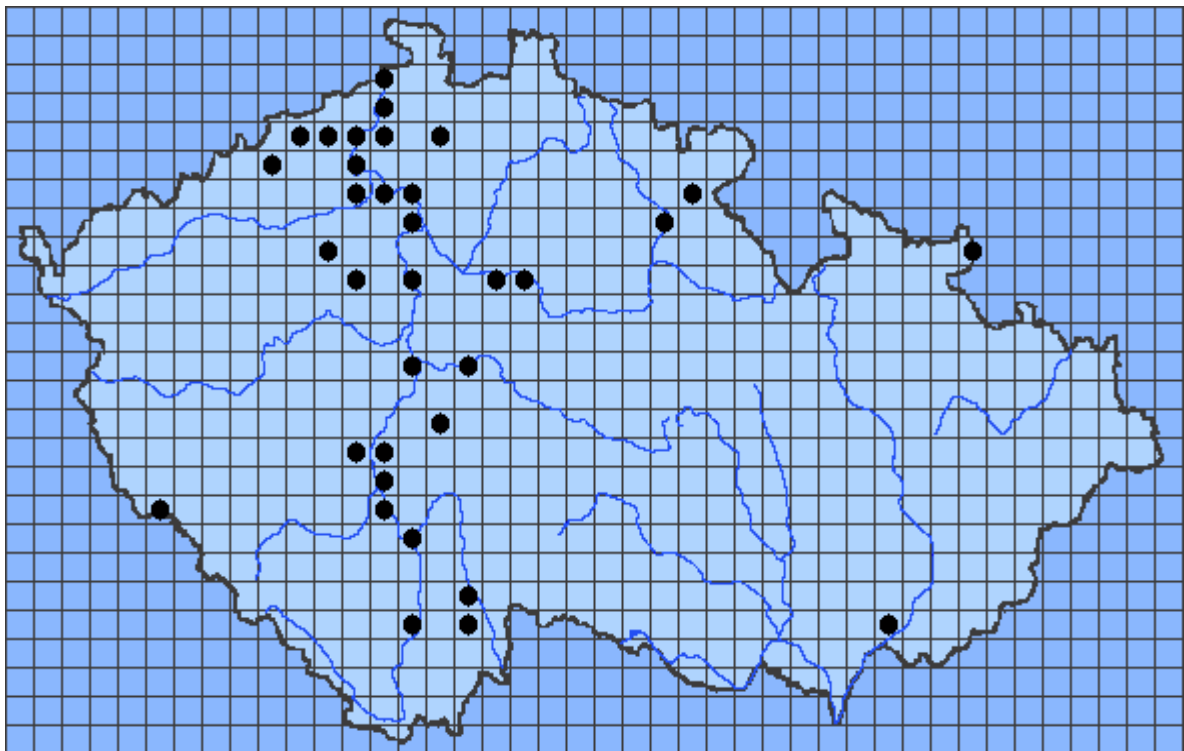
I nadále však rak pruhovaný pokračuje v rozšiřování svého výskytu v Evropě a lze očekávat jeho eventuelní přítomnost ve většině kontinentálních vod (Henttonen a Huner, 1999). Nyní se vyskytuje ve více než 20 evropských zemích a předpokládá se jeho další šíření Dunajem do Bulharska a Rumunska (Holdich et al., 2006)

2.3.4. Rozšíření v ČR

O prvním pokusném vysazení tohoto raka na našem území se zmiňuje Scribani (1913), ale více jak 50 let chybějí jakékoliv informace o aklimatizaci tohoto druhu. Jako jedno z prvních míst prokazatelného výskytu *O. limosus* na našem území uvádí Hajer (1989) v roce 1988 okolí Ústí nad Labem. Několik exemplářů bylo zaznamenáno na Mělnicku a také v jižních Čechách v Orlické přehradě (Buchar, 1990 in Ďuriš a Smutný, 1998). Koncem roku 2006 byl jeho výskyt zaznamenán také v horním Slezsku (Osoblažsko) v přítocích Odry, kam se pravděpodobně rozšířil z Polska (Ďuriš a Horká, 1997). Jeho souvislý výskyt je dnes znám v řece Labi od Hřenska až po Pardubice a jeho přítocích Ohři, Jizeře, Mrlině, Cidlině, Doubravě, Metuji a Úpě, ve Vltavě po České Budějovice (ale i v Lipně), jejich přítocích Otavě, Lužnici, Sázavě a Malši a do nich navazujících říček a potoků (Petrušek et al., 2006). Hajer (1994) uvádí výskyt v řekách Labi, Orlici, Jizeře, Ploučnici, Bílině, Ohři, Vltavě, Berounce, Otavě, Sázavě, Malši a Lužnici. Druh byl vysazen na řadě izolovaných lokalit (např. rybníky, zatopené pískovny, lomy a další nádrže), kde velmi dobře přežívá a ze kterých se může šířit dál, zejména prostřednictvím člověka (Chobot et al., 2008). Mezi tyto stojaté vody, kde byl prokazatelně zaznamenán

jeho výskyt patří zatopené lomy Kojetice u Neratovic, Starý Klíčov na Domažlicku, povrchový důl Barbora u Teplic, nádrže Modlany a Kateřina u Soběchleb, pískovny Cítov u Mělníka, Mlékojedy u Neratovic, Proboštská „jezera“ u Staré Boleslavi, Lhota, Ovčáry, Ostrá, Píšťany a stará pískovna v Provodíně, veslařský areál v Račicích, rybník na Římanském potoce v Praze, rybník ve Smečně, rybník Koclířov u Lomnice nad Lužnicí, rybníky Štampach a Velký rybník (Střemy), zatopená důlní propadlina U Černic a další pískovny a mrtvá ramena v okolí Labe (Petrušek et al., 2006). S velkou pravděpodobností jsou osídleny i jiné nádrže a rybníky.

Obr. 1: Mapa hlavního rozšíření raka *Orconectes limosus* v ČR (Chobot a Štambergová, 1999)



2.3.5. Popis druhu

Orconectes limosus je malého vzrůstu, největší exempláři dosahují maximální délky těla bez klepet do 100 mm. Maximální hmotnost jedince se pohybuje kolem 35 g (Kozák, 1999). Oproti původním druhům raků však roste rychleji a velmi brzo pohlavně dospívá (Neveu, 1997).

Je světle až středně hnědého zbarvení s typickými tmavě hnědými až rezavými příčnými pruhy na každém ocasním článku. Hlavohrud' začíná dlouhým a ostrým čelním trnem, který má na bázi jeho zúžení dva ostré trny. Povrch hlavohrudi je typický výskytem jednoho páru postorbitálních lišt a velkými trny před týlní rýhou. Trny se vyskytují hlavně po stranách hlavohrudi. Klepeta jsou k poměru těla velmi málo vyvinuta, zvláště pak u samic. Povrch klepet je hladký. Klepeta jsou z horní strany hnědě zbarvená, ze spodní strany jsou žlutohnědá. Kloub klepet je barevně nevýrazný (Kozák, 1998).

Dalším rozpoznávacím znakem raka *O. limosus* je hákovitý výčnělek u samců na 3. páru kráčivých nohou a u samic schránka (annulis ventraslis) mezi 4. a 5. párem kráčivých nohou, která se při páření plní spermatem (Kozák, 1998).

2.3.6. Prostředí, růst a potrava

Orconectes limosus nemá vysoké nároky na prostředí ve kterém žije. Je dobře přizpůsobivý životu ve stojatých i tekoucích vodách (Lindquist a Huner, 1999). V Evropě obsazuje rozličné říční, jezerní i rybníční habitaty spíše nižších nadmořských výšek (Dehus et al., 1999). Kozák et al. (1998) uvádí jeho optimální teploty okolo 20 °C a více. Dále uvádí jeho extrémní necitlivost vůči znečištění vod a nedostatku kyslíku. Dává přednost bahnitému dnu vod jako území svého pobytu, kde je velmi aktivní i přes den. Rak pruhovaný má odlišnou aktivitu než naši původní raci. V jarních a letních měsících jsou aktivní především v noci, během dne jsou ukryti ve svých skrýších. Od podzimu až do poloviny dubna, kdy kladou vajíčka, jsou raci aktivní po celý den (Stucki, 2002). Jsou také schopni se velmi dobře adaptovat i na vyšší aktivitu během období s příznivými podmínkami a naopak (Stucki, 2002).

Oproti našim původním druhům pohlavně dospívá již během prvního roku života (zatímco naše původní druhy ve 3 – 4 letech) a vyznačuje se vysokou rozmnožovací schopností (Chobot et al., 2008). Potencionální plodnost se udává v rozmezí 140 až 550 vajíček, inkubace je krátká (Kozák et al., 2006). Trává v rozmezí 49 – 55 dnů (Hamr, 2002). Ráčata se od samic osamostatňují až ve III. vývojovém stádiu (Reynolds, 2002).

Rak pruhovaný se vyznačuje velkou agresivitou (Henttonen a Huner, 1999). Je všežravec, živí se řasami, rostlinami, bezobratlými, rybami a živočišnými a rostlinnými zbytky (Lindquist a Huner, 1999).

2.3.7. Interakce a možná rizika

Holdich (1988) uvádí jako tři hlavní důvody expanze raka *Orconectes limosus* rychlou reprodukci, odolnost proti znečištění a odolnost vůči račímu moru. Dubský et. al. (2003) uvádí jako další důvody agresivitu vůči ostatním druhům raků a značnou schopnost rychlé migrace proti proudu.

U amerických druhů raku bylo potvrzeno, že vedle odolnosti vůči račímu moru mohou být také přenašeči této choroby (Dubský et al., 2003). Zatímco původní domácí raci nevykazují žádnou rezistenci vůči tomuto onemocnění (Adámek, 1998). Račí mor je nejznámější a nejnebezpečnější onemocnění raků. Patří k nejzhubnějším onemocněním neboť může zničit jejich obsádku v celých povodích za poměrně krátké období. Původcem onemocnění je plíseň *Aphanomyces astaci*: Nejnověji je tento patogen řazen spíše mezi řasy s neurčitým systematickým postavením. Patogen napadá hlavně kůži a centrální nervovou soustavu. K přenosu dochází sporami, které jsou schopny mimo organismus raka přežít v prostředí i několik dnů. Průběh nemoci je velmi rychlý. Prvním příznakem je ztráta obranných a ukrývacích reflexů. Jako další příznaky se objevují nekoordinovanost pohybu, křečovitě škubání končetinami a ocasem. Později nastupuje malátnost a raci hynou na ochrnutí srdečního svalu (Adámek, 1998). Průběh nemoci je doprovázen silnou sekundární bakteriální infekcí v tkáních raků (Alderman a Polglase, 1988). Délka od invaze po úhyn je závislá na teplotě vody (7 – 10 dní při teplotě 20 °C). Průběh choroby může také ovlivnit koncentraci spor, při nízké koncentraci je infikována jen část raků nebo může dojít k chronickému průběhu nemoci (Dubský et al., 2003).

Zřejmě ještě větším rizikem pro evropské populace raka však představuje samotná expanze raku pruhovaného, který původní populace raků vytlačuje a zaujímá jejich biotopy. V současné době neexistuje u nás, ani v zahraničí, žádná účinná metoda eliminace vlivu nepůvodních druhů raků v otevřeném vodním ekosystému (Dubský et al., 2003). Velice důležité je tak vytvořit správný směr metodiky kontroly dalšího výskytu nepůvodních druhů raků (nejenom raka pruhovaného *Orconectes limosus*, ale i raka signálního *Pacifastacus leniusculus*) a omezit tak jejich negativní dopady na životní prostředí.

2.4. Výskyt blešivců v ČR

Berezina a Ďuriš (2008) uvádějí výskyt těchto druhů blešivců na našem území: *Crangonyx subterraneus*, *Nipharagus tatrensis* (blešivec karpatský), *Niphargellus arndti* (blešivec Arndtův), dalšími druhy (případně jeho poddruhy) vyskytujícími se na území ČR jsou *Nipharagus aquilex* (blešivec studniční), náš nejrozšířenější druh *Gammarus fossarum* (blešivec potoční) a *Synurella ambulans* (srostlorep kráčivý). Dále invazně se šířící nepůvodní druhy *Dikerogammarus villosus* (blešivec velkohrbý) a balkánský druh *Gammarus roeselii* (blešivec hřebenatý).

Roušar (1982) uvádí také výskyt druhu *Nipharagus leopoliensis*.

2.5. Morfologie a fyziologie blešivce *Dikerogammarus villosus*

2.5.1. Stavba těla

Po bocích zploštělý vodní korýš s variabilním zbarvením (Petrušek, 2006), samci dosahují větších rozměrů. Maximální velikost samiček je udávána do 18 mm, samci dosahují 22 mm (Füreder a Pöckl, 2007). Podle Petruska (2006) mohou samci dorůstat do velikosti 30 mm.

Patří mezi vyšší korýše s článkovaným tělem (Buchar et al., 1995). Tělo je tvořeno hlavou, hrudí a zadečkem. Hřbetní štítky hrudního článku jsou na bocích prodlouženy v kyčelní ploténky (Kratochvíl, 1973).

Hlava nese dva páry tykadel. Ústní ústrojí je tvořeno několika páry ústních končetin, má značně složitou stavbu a je silně sklerotizováno. Končetiny prvního hrudního článku splynulého z hlavovými články se přičleňují k ostatním ústním ústrojím: nesou mohutná makadla a označují se jako maxilární nožky (Buchar, 1995).

Soubor zbylých sedmi volných hrudních článků, tvoří tzv. mesosom (pereion). První dva páry hrudních nožek (gnathopody) se stavbou odlišují od ostatních hrudních nožek a slouží k uchopení potravy. Většina hrudních končetin nese žaberní lupínek (epipodyt) vybíhající od kyčle a u samic navíc oostegit, což je výběžek, který se podílí na vytváření plodové komůrky, sloužící k inkubaci a úkrytu vajíček (Buchar et al., 1995). První čtyři páry kráčivých končetin jsou rozšířeny dolů směrem dopředu, naopak zbylé tři páry protaženy dolů směrem dozadu. Za souborem hrudních článků pokračuje tzv. metasom

(pleon) složený ze tří zadečkových článků nesoucí 3 páry štětinatých nožek (pleopody). Tyto nožky složí k plavání a přihánění vody k žábrám (Kratochvíl, 1973). Další tři zadečkové části tvoří tzv. urosom se skládacími nožkami (uropody). Pomocí těchto končetin blešivec „skáče“ (Hartman et al., 1998). Za zadečkovými články následuje destičkovitý, podélně rozeklaný telson (Buchar et al., 1995).

Cévní soustava je otevřená, srdce je uloženo v přední části hrudi za hlavou. Dýchací ústrojí je tvořeno žábrami, do žaber vnikají výběžky tělní dutiny, proto jsou vyplněny hemolymfou. Trávicí soustava se skládá ze žvýkacího žaludku a z nepárových výběžků, vylučovací ústrojí tvoří tykadlové metanefridium (ústí při kořenu druhého páru tykadel) tzv. antenální žláza. Pohlavní ústrojí ústí u samců na osmém, u samic na šestém hrudním článku. Párové oči jsou složené (Kratochvíl, 1973).

Rozpoznávacími znaky blešivce *D. villosus* od ostatních druhů blešivců jsou vysoké osténky na hřbetní straně 1. a 2. urosomálního článku. Gnathopody a tykadla 2. páru samců jsou pokryty četnými dlouhými štětinami (Buchar et al., 1995).

2.5.2. Prostředí, růst a potrava

Blešivec *D. villosus* je predátor, jeho chování je však zvláště zlomyslné a destruktivní, zabíjí značně neselektivně, ohrožen je nejen makrozoobentos, ale i vajíčka, larvy a juvenilní nebo vlivem nemoci zesláblí jedinci drobných obratlovců a malých ryb (Dick et al., 2002; Devin et al., 2003).

Místem výskytu blešivce *Dikerogammarus villosus* jsou především větší řeky, popřípadě navazující stojaté vody, ale může se vyskytovat i v menších tocích (Bollache et al., 2004). Toleruje vysoký obsah salinity, kolísání teploty a obsahu rozpuštěného kyslíku (Bruijs a Kelleher, 2001). Podle Bruijse a Kellehera (2001) preferuje *D. villosus* prostředí eurytermní (tolerantní k výkyvům teploty), optimální teplota pro jeho metabolismus se pohybuje v rozmezí 20 – 23 °C, horní letální hranice mezi 30 – 35 °C. Nejvyšší spotřeby kyslíku dosahuje při teplotách kolem 20 °C. Optimální salinita vody se pohybuje v rozmezí 0 – 10 promile, je však schopný se adaptovat i ve vodě, kde salinita dosahuje až 20 promile, latentní hodnota je vyšší jak 24 promile. Dedju (1980) udává pro blešivce *Dikerogammarus villosus* letální hodnoty obsahu kyslíku ve vodě pod 0,38 mg/l. Jazdzewski et al. (2005) uvádí místem výskytu blešivce vody beta-mezosaprobnií (klimaxové stádium čistoty vody ve střední Evropě (Hartman et al., 1998)).

V rámci obsazeného toku osidluje široké spektrum habitatů (Devin et al., 2003), při vlastních odlovech byl nalézán mezi kameny, hojně se ukrýval pod ponořenými podklady, v hrubém stěrku, ale i v bahnitých podkladech v kořenech rostlin. To potvrzuje Devin et al. (2003), který uvádí výskyt v ponořené makrovegetaci a mezi kořeny rostlin zejména mladých jedinců a zároveň uvádí jako důvod substrátové preference různě velkých jedinců částečné omezení vnitrodruhové predace a kanibalismu. Uhlmann (1975) graficky znázornil jeho stanoviště v příčném profilu dna dolního toku jako přechod mezi hruboštěrkovým a jílovým substrátem. Na písčném dně se nevyskytuje (Devin et al, 2003).

D. villosus se vyznačuje vysokou plodností, pohlavní dospělosti dosahují kolem třetího měsíce života (Füreder a Pöckl, 2007). Samičky mohou nosit kolem 50 oplodněných vajíček, které se po ukončení inkubace uvolňují z plodové komůrky. Při uvolnění dosahují juvenilové velikosti kolem 1,5 mm (Füreder a Pöckl, 2007), vzhledem se již zcela podobají dospělým jedincům. Exoskeleton se postupně vyvíjí a postupně zvětšuje. Pohlavní dospělosti dosahují jedinci při velikosti kolem 6 – 7,5 mm (Füreder a Pöckl, 2007). Podle Pöckla (2007) se v rakouské části Dunaje vyskytovalo u samic s velikostí 12 – 18 mm průměrně 43 vajíček, přičemž maximum jedné samice dosahovalo 194 vajíček, míra přežití vajíček byla vysoká, dosahovala 74 %. Podobné výsledky uvádějí i Ioffe a Maximova (1968), kdy se množství vajíček u sledované populace *D. villosus* pohybovalo mezi 11 až 211 vajíčky u samic s velikostí v rozmezí 7,1 – 19 mm.

Rozmnožování probíhá po celý rok mimo 3 měsíců reprodukčního odpočinku (říjen – prosinec). Míra přežití v embryonálních stádiích je vysoká, v dalších vývojových stádiích se značně snižuje (Füreder a Pöckl, 2007). Během života samičky vytvoří 6 – 8 generací potomků (Pöckl, 2006 in Füreder a Pöckl, 2007).

Blešivec *D. villosus* je rychle rostoucím druhem, růst probíhá po celý život. Dožívá se zhruba 1,5 – 2 let (Pöckl, 2006 in Füreder a Pöckl, 2007).

2.6. Charakteristiky blešivce velkohrbého *Dikerogammarus villosus*

2.6.1. Systematika zařazení blešivce

<u>Kmen:</u>	<i>Arthropoda</i>	členovci
<u>Podkmen:</u>	<i>Crustacea</i>	koryši
<u>Třída:</u>	<i>Malacostraca</i>	rakovci
<u>Řád:</u>	<i>Amphipoda</i>	různonožci
<u>Čeleď:</u>	<i>Gammaridae</i>	blešivcovití

Druh: *Dikerogammarus villosus*
(blešivec velkohrbý)

2.6.2. Původ a rozšíření

Primární areál blešivce *Dikerogammarus villosus* je Pantokaspická oblast (pobřežní zóny v Kaspickém, Azovském a Černém moři a brakické vody v deltách řek vtékajících do těchto moří (Mordukhai-Boltovskoi, 1960)). Z primárního areálu se dále šířil do střední a západní Evropy povodími jižního koridoru spojující Dunaj s Rýnem a centrálním koridorem spojujícím Dněpr s povodími řek Visly, Odry a Labe (Bij de Vaate et al., 2002). Jeho současný výskyt se zatím omezuje pouze na Evropu: horní tok Dunaje (Nesemann et al., 1995), povodí Mohanu (Müller et al., 2002) a Rýna (Bij de Vaate a Klink, 1995), Labe a dalších severoněmeckých řek (Grabow et al., 1998); povodí většiny velkých francouzských řek (Bollache et al., 2004); vody Belgie (Bollache et al., 2004) a Polska (Konopacka, 2004; Grabowski et al., 2007; Bacela et al., 2008). Obývá také některé řeky Rakouska, Švýcarska (Bij de Vaate, 2003), Nizozemí (Bollache et al., 2004), Maďarska (Musko, 1993), Slovenska (Bollache et al., 2004) a Itálie (Casellato et al., 2006). Vyskytuje se však i ve stojatých vodách (např. Ženevské jezero (Bollache, 2004), jezera v Nizozemí (Dick a Platvoet, 2000), Francii (Grabowski et al., 2007) nebo Německu (Mürle et al., 2003)).

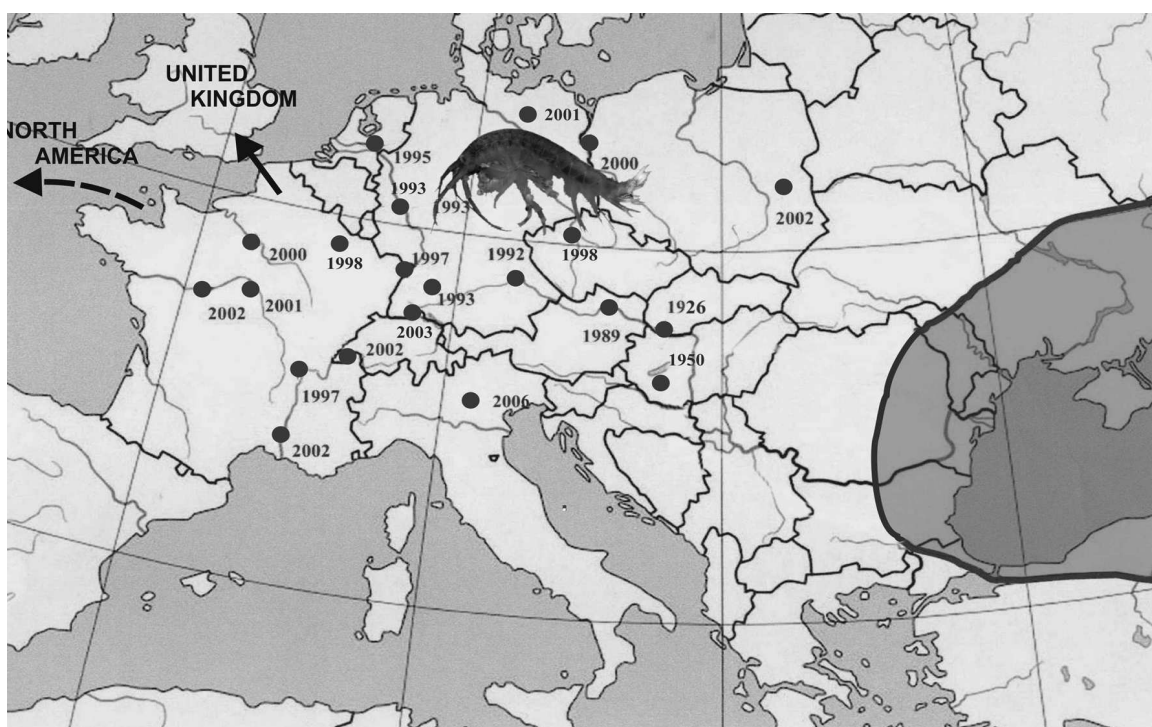
2.6.3. Dynamika šíření

Dynamika invaze tohoto druhu v Evropě je velmi rychlá (Petrušek, 2006). Pronikáním do evropských vod výrazně napomohl rozvoj lodní dopravy a propojení jednotlivých povodí plavebními kanály. V 80. letech 20. stol. se začal *Dikerogammarus villosus* rychle šířit proti proudu Dunaje (1992) ve střední Evropě (Nesemann et al., 1995). Kanálem Dunaj – Mohan (1993) pronikl *D. villosus* do Rýna (Tittizer, 1996) a po něm do Nizozemí (Bij de Vaate a Klink, 1995), skrz plavební kanály se rozšířil po severním Německu (Bij de Vaate et al., 2002), Francii (Bollache et al., 2004) a Polsku: Grabowski et al. (2007) uvádí výskyt v celém úseku řeky Odry, Konopacka (2004) výskyt v polské řece Bug a Bacela et al. (2008) pak v řece Visle.

Tittizer et al. (2000) uvádí jako pravděpodobné místo introdukce blešivce na řece Labi okolí Magdeburgu v roce 1998. V současnosti se vyskytuje prakticky na celém úseku Labe a jeho osidlování nadále pokračuje v některých saských přítocích řeky Labe, např. řekách Muldu a Sálu (Pfeiffer et al., 2005).

Rychlost migrace tohoto druhu proti proudu řeky Meuse byla odhadnuta na 30 – 40 km za rok (Kosena et al., 2005 in Petrušek, 2006).

Obr. 3: Rozšíření *D. villosus* v Evropě s rokem jeho prvního výskytu (Bollache et al., 2004, mod.)



2.6.4. Rozšíření v České republice

V České republice je *Dikerogammarus villosus* prokázán v řece Labi, kde ovšem dochází k velmi rychlému rozšiřování jeho areálu. V r. 2003 byl uváděn výskyt pouze v úseku od státní hranice po Střekov, z profilů Hřensko, Loubí a Střekov (Starcová, 2003; Špaček et al., 2003), tj. na úseku toku asi v délce 40 km. V roce 2005 se už vyskytoval minimálně pod Kly na Mělnicku – tj. asi 115 km proti proudu od státní hranice (Špaček, 2005 in Petrušek, 2006).

V září 2008 byl *D. villosus* nalezen v řece Vltavě, jeho hustota a biomasa dosahovala rozmezí 214 – 247 jedinců na m² a hmotnosti 5 – 7 g/m². Odlov blešivce byl proveden na dvou místech a to v okolí Karlova a Mánesova mostu v Praze. Provedenými rozbory nalovených vzorků bylo zjištěno, že 40 % studované populace byly plodné samičky, 23 % tvořili mladí jedinci, kteří indikovali výbornou kondici k reprodukci. Množství odlovených jedinců dokazuje, že *D. villosus* se stává majoritním zástupcem makrobentické fauny některých rozsáhlých řek v ČR (Berezina a Ďuriš, 2008).

Obr. 1: Výskyt a šíření blešivce *D. villosus* v řece Labi (Berezina a Ďuriš, 2008).



2.6.5. Charakteristika české populace

Výchozí populací pro šíření blešivce v ČR byla populace německá (Peterusek, 2006). Podle něj je tato populace ve stádiu expanze. O velikosti expanze svědčí i četný výskyt blešivce v řece Vltavě v Praze v roce 2008 (Berezina a Ďuriš, 2008). Je tedy velice pravděpodobné, že samovolná migrace bude i nadále pokračovat a areál výskytu blešivce *D. villosus* se bude postupně rozšiřovat dál po řece Vltavě a pravděpodobně i do dalších navazujících českých řek.

2.6.6. Interakce a možná rizika

Dikerogammarus villosus výrazně ovlivňuje strukturu společenstva makrozoobentosu. Jedná se o extrémně agresivního blešivce, který se živí převážně na dně (Petrušek, 2006). Kořist blešivce tvoří vhodní zástupci velké skupiny vhodně velkých bezobratlých (larvy hmyzu, stejnonožci a ostatní zástupci zoobentosu) (Dick a Platvoet, 2000; Dick et al., 2002). Často napadá a usmrtí jiné živočichy, aniž by je kompletně pozřel (Dick a Platvoet, 2001; Dick et al., 2002).

Petrušek (2006) udává jako hlavní mechanismus konkurence přímý predanční tlak. Mezi další faktory pak patří obsazování prostoru původních druhů a boj o zisk potravy.

Stejně tak se může blešivec účastnit potravních koloběhů jako kořist a stát se tak potravou dravých ryb nebo jiných větších živočichů. Ti však mohou mít značné problémy s přijímáním takové potravy. Dick a Platvoet (2001) uvádějí jako příčinu značnou velikost dospělých jedinců, Devin et al. (2003) pak osidlování takových substrátů, kde je blešivec před případným nebezpečím dobře chráněn.

Dikerogammarus villosus řadí jeho rychlý růst, vysoká plodnost (Devin et al., 2004), značná agresivita a dravost (Dick a Platvoet, 2000; Dick et al., 2002) mezi druhy s významným negativním dopadem na přirozená společenstva makrozoobentosu. Na místech, kde tento druh dominuje, dochází k úbytku řady ostatních bentických bezobratlých (Dick a Platvoet, 2000; Dick et al., 2002), zejména pak vytlačování původních druhů blešivců (Dick a Platvoet, 2000).

2.7. Vzájemná interakce

Způsob života obou těchto nepůvodních druhů koryšů, raka *Orconectes limosus* a blešivce *Dikerogammarus villosus*, uplatňuje řadu stejných nároků a oproti původním zástupcům příbuzných druhů vykazují větší ekologickou sílu a vyšší interakci z okolím. Jejich silná konkurenceschopnost v boji o prostředí je dána několika faktory: Naše původní druhy, jak raků tak blešivců, vyžadují velké nároky na prostředí a většina původních druhů slouží jako indikátoři kvality prostředí. Naopak *O. limosus* i *D. villosus* nejsou tolik vnímaví ke změnám prostředí, snesou organické zatížení vod, výkyvy teplot a celkově vykazují vyšší nespecifickou odolnost. Společně s rychlým pohlavním dospíváním, vysokou plodností, silným predáčním tlakem a obrovskou migrační schopností jsou předurčeni vytlačovat a postupně nahrazovat nejen populace původních druhů koryšů, ale i druhů ostatních skupin bezobratlých. Petrusek (1996) uvádí, že silný predáční tlak *D. villosus* může mít zvláště negativní vliv na početnost těchto skupin. Raka pruhovaného *O. limosus* činí také nebezpečným jeho „přenašečství“ a odolnost vůči račímu moru (Dubský et al., 2003). Tyto aspekty způsobují, že zástupci obou druhů způsobují zásadní narušení přirozené rovnováhy původního ekosystému.

Z ekologického hlediska (vztah k prostoru, ekologická strategie a populační parametry) patří oba tyto druhy k tzv. r- strategům. Sem patří živočichové s brzkou pohlavní dospělostí, rychlým růstem, velkým množstvím potomstva pro danou velikost rodičů, malou velikostí těla, velkou mortalitou a krátkým životním cyklem. Tyto druhy jsou pak lépe předurčeni pro invazní šíření do nových lokalit.

Jelikož byly zaznamenány predáční útoky *O. limosus* na ostatní zástupce zoobentosu, stejně tak blešivce *D. villosus* na původní populace blešivců a jiného makrozoobentosu je správné se domnívat, že potravní interakce mezi populacemi těchto dvou druhů, společně užívající stejnou prostorovou niku, bude probíhat, avšak lišit se v průběhu vývoje a růstu jedinců každého z druhů.

Lze také očekávat, že vzájemná konkurence mezi těmito druhy nebude probíhat jen na úrovni zisku potravy, ale velmi silně bude probíhat i boj o prostor.

Tato práce se zaměří na vzájemné potravní interakce mezi blešivcem a rakem. Hlavním cílem je prokázání vysoké agresivity blešivce na okolní společenstva makrozoobentosu žijícího na stejných stanovištích. Zkoumán bude zejména vztah blešivce k ráčatům v průběhu jejich vývoje v laboratorních podmínkách, ale i vzájemné vztahy mezi

vlastními jedinci obou druhů v průběhu pozorování, kde budou částečně omezeny přirozené podmínky, jakými jsou dostatek prostoru, úkrytů a dostatek potravy.

3. Materiál a metodika

3.1. Příprava materiálu

3.1.1. Odlov blešivce

Odlov blešivce probíhal v měsících květnu a červnu roku 2006 a v květnu, červnu a červenci roku 2007 na řece Labi na lokalitě Střekov u Ústí n. Labem.

Jako vybavení pro odlov byly použity akvaristické sítky a běžné kuchyňské cedníky. Místem odlovu se stala část řeky Labe se středně zarostlými břehovými partiemi s vegetací zasahující do koryta řeky, snadným přístupem do vody a bahništerkovým dnem s občasně se vyskytujícími většími kameny. Výška vodního slupce v místech odlovu se pohybovala v rozmezí 20 – 45 cm. Odlov probíhal v břehovém pásmu zhruba 25 metrů.

Způsob odlovu spočíval v obracení kamenů a rychlou manipulací sítkou nebo cedníkem v jejich blízkosti. Při manipulaci s kameny na nich zůstávali někteří jedinci přichyceni, ti byli jednoduše sesbírání. Blešivci se hojně ukrývali také v makrovegetaci, zvláště v jejich kořenovém systému. Vizualním hodnocením se jednalo o jedince menších velikostí. Způsob získávání blešivců z vegetace je však nevhodný vzhledem k množství rostlin, které je nutné vytrhnout pro získání potřebného množství jedinců. Nejhojněji byli blešivci nalezeni v kořenech orobince (*Typhna angustifolia*). Odlovení jedinci byli uloženi do přepravního boxu.

3.1.2. Přeprava a uskladnění blešivce

Převoz blešivce byl zajištěn ve speciálním přepravním boxu, který udržuje konstantní teplotu. Společně s vodou byly do boxu umístěny také drobné kameny a části rostlin poskytující blešivcům úkryty. Při přepravě je nutné co nejvíce omezit manipulaci s blešivci, minimalizovat otřesy a zajistit dostatečné množství kyslíku, čehož lze docílit běžným provzdušňováním vody. Převoz by měl trvat jen nezbytně nutnou dobu k přemístění na určité místo. Rychlostí přepravy tak eliminujeme ztráty způsobené ne zcela optimálními podmínkami v přepravním boxu.

Nalovení blešivci byli dopraveni na VÚRH Vodňany, kde byli umístěni do zásobního akvária o objemu 50 l.

3.1.3. Odchov ráčat na aparátech

Zdrojem ráčat byly samice raka pruhovaného chované na VÚRH Vodňany.

Odchov probíhal na aparátech určených k líhnutí a odchovu ráčat do III. vývojového stádia. Tento aparát je složen s plastové nádoby o rozměrech 600 x 400 x 310 cm. Do této nádoby je vložena nerezová vložka s perforovaným dnem. Substrát dna je tvořen 700 plastovými spirálami, které slouží jako úkryty pro ráčata. Samice s vajíčky jsou na tyto aparáty nasazovány 1 – 2 týdny před vlastním líhnutím. Do každého aparátu se umísťuje 6 samic. Samice se individuálně separují v novodurových trubkách uzavřených kovovou klíčkou. Jednotlivé aparáty je vhodné umístit tak, aby byly průtočné jednotlivě nebo kaskádovitě za sebou (Bednář, 1998 in Polícar et al., 2001). Přítoková voda musí splňovat základní životní podmínky pro raky a nesmí obsahovat organické a anorganické nečistoty (Svobodová et al., 1987). Průtok vody při odchovu zvyšuje přežívání a růst ráčat. Po líhnutí a osamostatnění ráčat jsou samice i s jejich úkryty odloveny. Ráčata jsou krmena zooplanktonem (Polícar et al., 2001)

3.1.4. Příprava akvárií a ostatních pomůcek

Samotný experiment byl rozdělen do dvou částí. První část pokusu, individuální odchov, probíhala na miskách. K tomuto účelu posloužily běžné plastové kuchyňské misky o objemu 0,25 l.

Druhou částí pokusu byl skupinový odchov, k tomuto pokusu byla vyčleněna akvária o objemu 15 litrů, která byla umístěná do recirkulačního systému, vzdušňováním byl zajištěn stabilní přísun kyslíku, v části akvárií byl použit substrát, tvořen částmi střešních tašek, kameny a novodurovými trubičkami, poskytující rakům i blešivcům možnost úkrytu.

Mezi další pomůcky potřebné k experimentu jsme potřebovali registrační teploměr, kterým se zaznamenávaly průběhy teplot, oxymetr pro měření hodnot kyslíku a pomůcky pro manipulaci s živočišným materiálem (misky, pinzety, sítky ..), dále pak měřicí přístroje pro zjištění biometrických hodnot (hmotnost a délka těla).

3.2. Metodika experimentu

Tyto pokusy měli za úkol prozkoumat vzájemné interakční potravní vztahy mezi blešivci *Dikerogammarus villosus* a raky *Orconectes limosus* v laboratorním prostředí, zejména agresivní chování blešivce na juvenilní ráčata v průběhu svých vývojových stadií. Výhodou laboratorních pokusů jsou kontrolované podmínky, a tím i eliminace výkyvů (teploty, obsahu kyslíku, ..) běžných v přirozených podmínkách.

3.2.1. Individuální odchov I.

První dílčí pokus proběhl v období od 4. května do 26. května 2006 v etologické laboratoři VÚRH Vodňany. Experiment spočíval v nasazení 1 ks blešivce a 1 ks ráčete ve III. vývojovém stádiu (tj. mezidobí, kdy ráče přechází k aktivnímu přijímání potravy a zrychluje se jeho tělesný růst . U raka pruhovaného III. vývoj. stádium (Talbot, 1985)) na misky.

Připraveno bylo celkem 13 misek, které byly rozděleny do 4 oddílů, pro vytvoření 4 různých podmínek individuálního odchovu. V prvním oddílu (3 misky) byla nasazeným jedincům poskytnuta možnost úkrytu přidáním kousků střešní tašky. Ve druhém oddílu bylo použito dvojnásobné množství vody, v dalších 3 miskách třetího oddílu byla nasazeným testovaným živočichům přidávána potrava ve formě živých nauplií žábřonožky solné (*Artemia salina*) a mražených patentek. Čtvrtý oddíl byl tvořen 3 miskami s malým množstvím vody.

Během pokusu se každý den zaznamenával stav jednotlivých misek, zejména vzájemnou interakci mezi oběma druhy, úhyny a výskyt svlečků.

3.2.2. Individuální odchov II.

I tento experiment probíhal na miskách. Do každé bylo nasazeno samostatně 1 ks ráčete nebo 1 ks blešivce a společně 1ks ráčete (III. vývoj. stádium) a 1 ks blešivce. Každá varianta po 9 miskách s označením:

1 - 9 R n(k)

1 - 9 R + B n(k)

1 - 9 B n(k)

kde R – rak, B – blešivec, n – nekrmený, k – krmený.

V průběhu pokusu byli uhynulí jedinci nahrazováni.

Testovány byly dvě možnosti, a to s krmením a bez (jako krmivo bylo opět použito živých artemií a mražených patentek). Krmení probíhalo jednou denně.

Každý den byla prováděna výměna části vody (jeden den odstátá, temperovaná na teplotu v akvariijní místnosti, tzn. teplota udržovaná na opt. 20 – 22 °C, min. 17 °C, max. 25 °C). Teplota v miskách byla zaznamenávána každý den v jedné misce, stejně tak i obsah kyslíku ve vodě.

Tento pokus začal dne 6. 6. 2006 nasazením jedinců obou druhů na misky a byl ukončen 13. 6. 2006. Denně byly zaznamenávány stejně jako v předešlém pokusu vzájemné interakce, úhyny a svlékání.

Před pokusem byla provedena také biometrická měření vzorku 50 ks nalovených blešivců určených pro pokus (hmotnost a délka těla „bez narovnání“).

3.2.3. Individuální odchov III.

Třetí pokus individuálního odchovu probíhal v období od 5. 6. 2007 do 28. 6. 2007.

Pro tento experiment byl opět zvolen odchov na miskách, a stejně tak ve dvou variantách, tj. krmené a nekrmené. Použito bylo 20 misek s číselným označením 1 až 20, přičemž polovina misek s nekrmenými jedinci byla dále označena písmenem N. Do každé misky byl nasazen 1 ks ráčete (III. vývojové stádium) a 1 ks blešivce. Krmeným jedincům byly předkládány opět živé artemie a mražené patentky. Chybějící nebo uhynulí jedinci byli během pokusu nahrazováni.

Cílem experimentu bylo zjištění přežívání, vzájemné interakce mezi zástupci obou druhů, zaznamenávány byly úhyny, výskyt svlečků a jako kontrola opět hodnoty teploty vody, měřené každý den v miskách s označením č. 1 a 20N.

3.2.4. Skupinový odchov

Dne 5. 6. 2007 začal poslední experiment - skupinový odchov, který probíhal v 15 l akváriích. Pro tento experiment bylo vyčleněno 18 akvárií s průtokem na recirkulačním systému, opatřených vzduchováním zabezpečujícím konstantní obsah kyslíku v nádržích. Jako substrát byly použity novodurové trubičky, které však neposkytovaly možnost úkrytu pro všechny nasazené jedince.

Tyto akvária byla rozdělena do dvou oddílů. V prvním oddílu byly nádrže, kde nebyla živočichům předkládána potrava. Jedinci v nádržích druhého oddílu byli krmeni živými artemiemi a mraženými patentkami.

Obě varianty (krmená i nekrmená) spočívaly v samostatném nasazení 30 ks blešivce, 30 ks raka a společném nasazení 15 ks blešivce a 15 ks ráčat (III. vývojové stádium). Tyto kombinace se opakovaly v obou variantách 3krát, tzn. 3 x R_K, R + B_K, B_K a 3 x R_N, R + B_N, B_N.

Pokus začal nasazením jedinců obou druhů do nádrží ze zásobních akvárií. Jednotlivé kontroly byly prováděny v týdenních intervalech 12. 6.; 19. 6.; 26. 6.; 3. 7.; 10. 7.; 17. 7. a 25. 7. 2007, kdy byl pokus ukončen. V těchto termínech se zároveň provádělo přelovení akvárií a výměna vody. Před každou výměnou vody byla namátkově změřena teplota a obsah kyslíku ve vodě. Jedinci byli přepočítáni, zaznamenávali se chybějící jedinci, úhyny, % přežití, výskyt svlečků a u raků přechod do dalšího vývojového stádia.

V termínech 12. 6. a 3. 7. 2007 bylo provedeno dosazení chybějících či uhynulých raků i blešivců (vzhledem k nedostatku raků byla 3. 7. nasazena jen část ráčat).

Pokus byl ukončen 25. 7. 2007 a stejně jako předchozí experimenty statisticky vyhodnocen.

Statistické vyhodnocení dat bylo provedeno v programu statistika 7.0 (StatSoft, Inc.) pro vyhodnocení části výsledků individuálních odchovů byl použit Chí-kvadrát test – porovnávání pozorovaných a očekávaných četností a pro část výsledků skupinového odchovu byl použit test vícefaktorové variace ANOVA.

Veškeré experimenty probíhaly v rybochovném objektu Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech, v etologické laboratoři a akvaristické místnosti.

4. Výsledky

4.1. Laboratorní výsledky individuálních odchovů

4.1.1. Individuální odchov I.

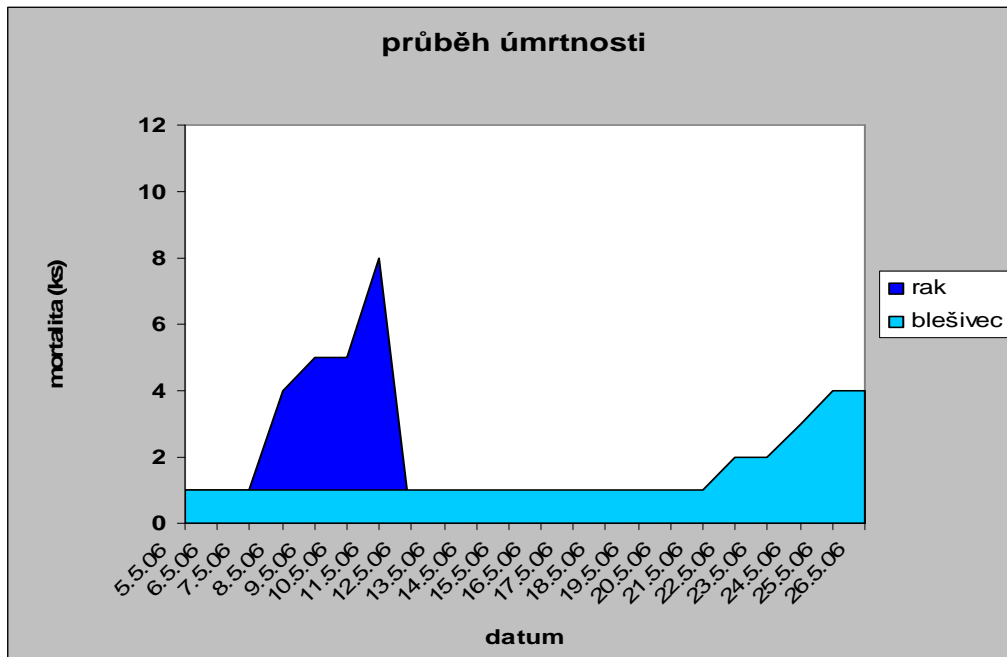
První dílčí pokus trval 22 dní a byl ukončen 26. května 2006. Jednoduchostí pokusu bylo možné vyhodnotit výsledky poměrně snadno.

Z 24 nasazených jedinců celý pokus přežila celá polovina. 66 % byli mezi přeživšími jedinci zastoupeni blešivci (z 12 nasazených přežilo 8) a 33 % procenty raci (z 12 nasazených přežili 4 jedinci). Zastoupení živých odlovených blešivců na konci pokusu bylo v jednotlivých oddílech rovnoměrné. Slovení žijící raci se vyskytovali pouze v oddílech č. 1 a 3 (č. 1: oddíl misky s úkryty, č. 3: oddíl misky s krmenými jedinci). Naopak v oddílech č. 2 a 4 (č. 2: misky s velkým obsahem vody a misky č. 4: s malým obsahem vody) vykazovali raci úplnou mortalitu a to již několik dnů po nasazení. Úhyn raků byl ve všech oddílech pozorován v prvních 7 dnech pokusu, tj. v první třetině. Naopak blešivci hynuli až v poslední třetině od 18. dne pokusu (úhyn jednoho blešivce byl zaznamenán druhý den po nasazení (oddíl č. 1: misky s úkryty))(Graf 1).

Během pokusu byly v miskách zaznamenány také svlečky a to v jednom případě u raka (přechod do čtvrtého vývojového stádia) v oddílu krmených jedinců (č. 3) a ve třech případech u blešivce v oddílech č. 2, 3, 4. Zatímco konzumace uhynulých těl blešivců nebyla prokázána, 6 z 8 těl uhynulých raků byly během 2 – 3 dnů od zjištění úhynu zcela zkonzumovány spolunasazeným blešivcem. Mezidruhová predace nebyla během pokusu prokázána.

Výsledkem pokusu bylo zjištění, že limitním faktorem přežití obou druhů v laboratorních podmínkách bude dostatek vhodného substrátu, zajišťující možnost úkrytu a dostatek potravy.

Graf 1: Průběh úhynu raka i blešivce během odchovu na miskách (individuální odchov I.)



4.1.2. Individuální odchov II.

Na začátku tohoto osmidenního experimentu bylo použito 36 ks blešivce a 36 ks raka podle postupu uvedeném v metodice, uhynulí nebo sežraní jedinci byli v průběhu pokusu nahrazováni. Během celého pokusu bylo nasazeno 54 ks raka a 50 ks blešivce. Množství nasazených jedinců odpovídalo možnostem odlovu v terénu. V roce 2006 byly v měsíci květnu a červnu zcela nevhodné podmínky k odlovu: chladné počasí, vysoká hladina vody a rychlost proudění v řece Labi.

Výsledky byly vyhodnoceny ve dvou variantách. Ve variantě pro krmené a pro nekrmené jedince. Tento postup nám umožňuje porovnat chování, zejména přežívání a růst (výskyt svlečků) a také možnost vzájemné predace při dostatku nebo absenci potravy.

Každodenní kontrola nám umožnila přesně rozpoznat úhyn a predaci.

Statistické vyhodnocení bylo provedeno Chí-kvadrát testem (χ^2) – porovnávání pozorovaných a očekávaných četností.

Ráčata byla nasazována ve třetím vývojovém stadiu. V krmené variantě byly 3. a 4. den pozorovány svlečky raků v 7 případech (26,9 %, n = 26), kdy ráčata přecházela do čtvrtého vývojového stádia. V nekrmené variantě se ráčata svlékala jen ve 2 případech (7,1 %, n = 28) 3. a 6. den pokusu. Blešivci se svlékali v krmené variantě ve 4 případech

(16 %, n = 25) rovnoměrně během celého pokusu (7., 10., 12. a 13. 6.), v nekrmené variantě se svlékali pouze 2 krát (8 %, n = 25) (10. 6 a 12. 6) (Tab. 1)

Mortalita ráčat dosahovala v krmené variantě 31 % (8 ráčat, n = 26). V nekrmené variantě uhynulo 8 ks raka, mortalita dosahovala 36 % (n = 28). U blešivců v krmené variantě dosahovala úmrtnost 28 % (7 ks, n = 25), taktéž v nekrmené variantě 28 % (7 ks, n = 28).

V obou případech (krmená i nekrmená varianta) je mortalita blešivce vyšší při společném nasazení s rakem (4 ks ve společném, 3 ks v samostatném nasazení v krmené variantě a 5 ks ve společném a 2 ks v samostatném nasazení v nekrmené variantě). Rak naopak vykazoval vyšší mortalitu v samostatném odchovu (v krmené variantě 5 ks v samostatném a 3 ks ve společném odchovu, v nekrmené variantě 7 ks v samostatném a 1ks ve společném odchovu).

Ve statistickém srovnání dílčích oddílů misek, kde byli nasazeni rak i blešivec společně byla mortalita obou druhů v krmeném oddíle v porovnání s mortalitou předpokládanou rak:blešivec 1:1 podobná ($\chi^2 = 0,14$, $p = 0,71$) a stejně tak v porovnání s mortalitou dosaženou v krmené oddělené obsádce ($\chi^2 = 1,13$, $p = 0,29$). Stejných výsledků bylo dosaženo i v nekrmených společných obsádkách. Mortalita blešivců i raků byla v průběhu pokusu téměř vyrovnaná, opět v porovnání k předpokládané mortalitě blešivec: rak 1:1 ($\chi^2 = 0,5$, $p = 0,48$).

V oddělených obsádkách se mortalita raků a blešivců také významně nelišila (v porovnání s předpokládanou mortalitou blešivec: rak 1:1 pro nekrmené obsádky ($\chi^2 = 2,78$, $p = 0,1$), pro krmené pak ($\chi^2 = 0,5$, $p = 0,48$). Velikost mortality v průběhu pokusu v obou variantách (krmená a nekrmená) zachycuje graf 2 a 3.

Ve společném odchovu byla zaznamenána predace blešivce ve dvou případech v nekrmené variantě 9. a 11. 6 (16,7 %, n = 12). V krmené variantě k predaci nedocházelo.

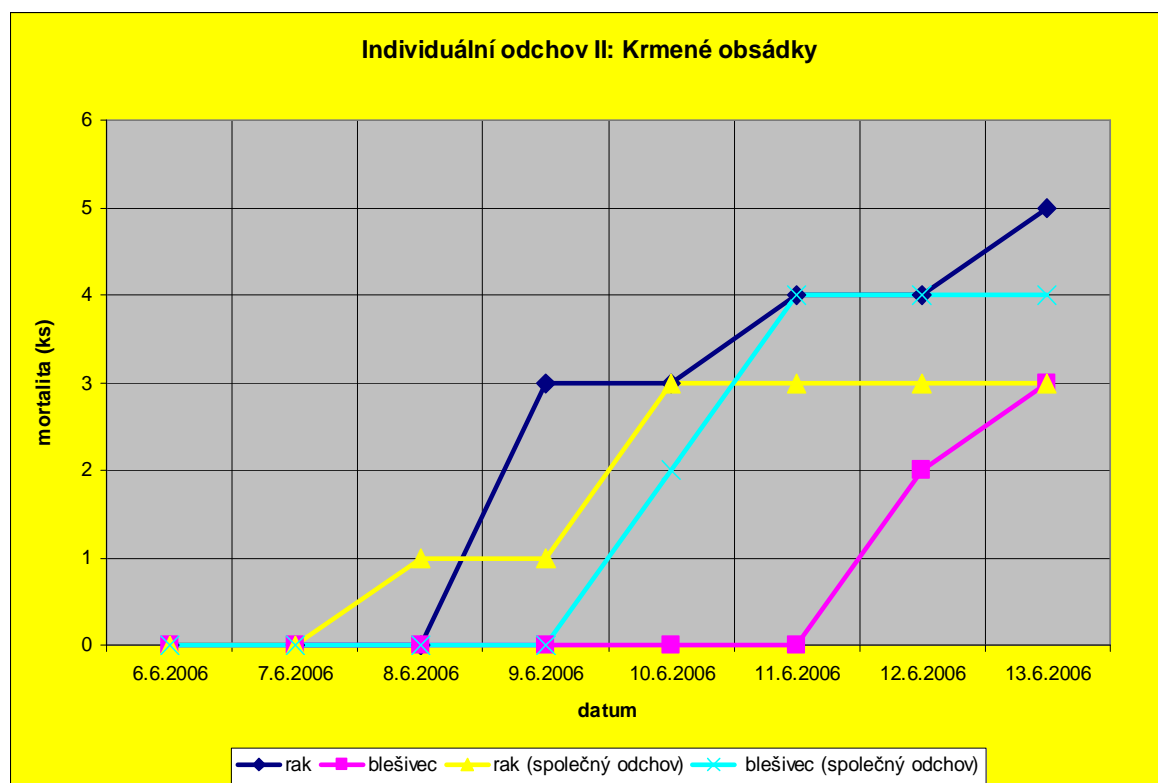
Výsledky biometrických měření blešivců provedených 5. 6. 2006: Vzorek 50 ks labské populace blešivce *Dikerogammarus villosus* vykazuje průměrné hmotnosti 0,042 g/jedince (nejmenší váha jedince byla 0,003g, nejtěžší jedinec vážil 0,087g). Průměrná délka těla „bez narovnání“ odpovídala 0,82 cm (nejdelší jedinec měřil 1,6 cm, nejméně měřil jedinec 0,3 cm).

Z výsledků měření vyplývá, že v žádném případě neplatí přímá úměra mezi délkou těla a hmotností jedince. Blešivec menších rozměrů mnohdy vykazoval vyšší váhu než jedinci větší a naopak.

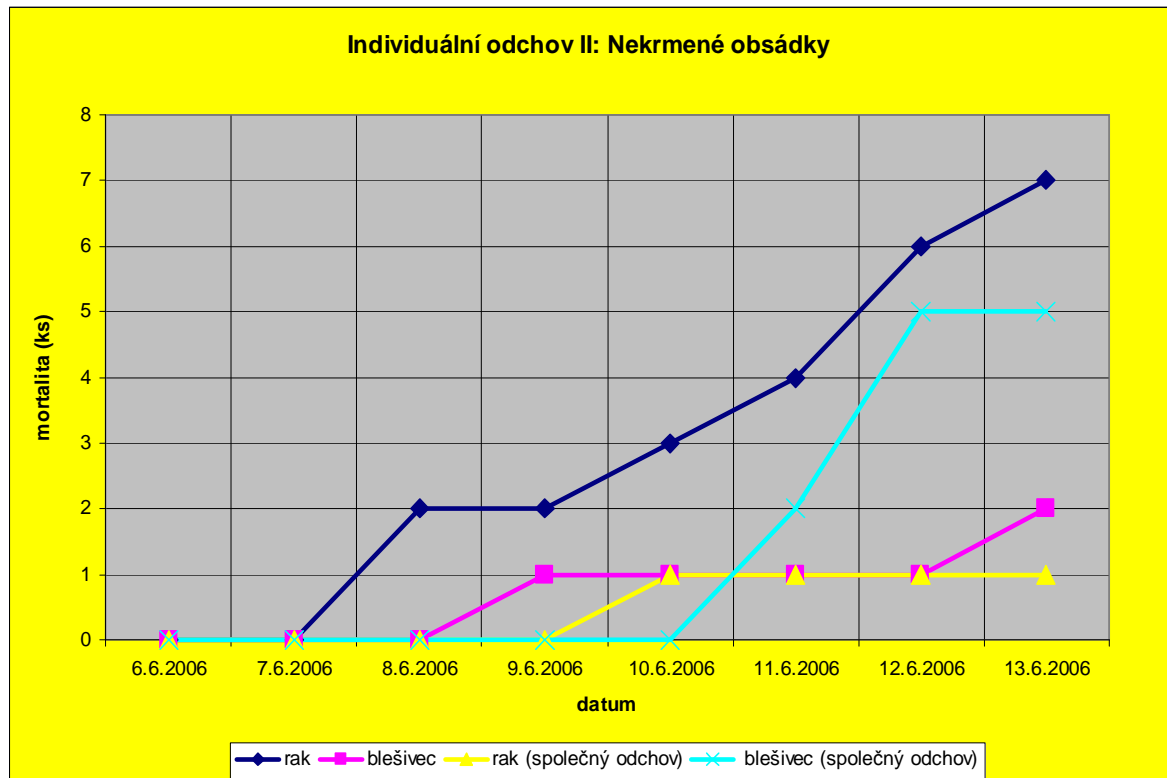
Tabulka 1: Výskyt svlečků krmených a nekrmených jedinců raka i blešivce v průběhu pokusu individuální odchov II.

datum	6. 6.	7. 6.	8. 6.	9. 6.	10. 6.	11. 6.	12. 6.	13. 6.	%
rak krmený			3	4					26,9
rak nekrmený			1			1			7,1
blešivec krmený		1			1		1	1	16
blešivec nekrmený					1		1		8

Graf 2: Celková mortalita krmeného raka a blešivce v průběhu individuálního odchovu II.



Graf 3: Celková mortalita nekrmeného raka a blešivce v průběhu individuálního odchovu II.



4.1.3. Individuální odchov III.

Výsledky tohoto pokusu zachycují 23 denní test druhově společného odchovu (1 ks blešivec + 1 ks rak společně na misce). Polovinu z nasazených 20 misek tvořili misky s nekrmenými jedinci (1N, 2N, 3N, 4N, 5N, 16N, 17N, 18N, 19N, 20N), v druhé polovině byli nasazení jedinci krmení. Výhodou tohoto testu byla možnost nahrazení nebo doplnění uhynulých nebo zkonsumovaných jedinců v průběhu pokusu, což bylo dáno úspěšným odlovem jedinců v terénu, stejně tak přesné zjištění predace v jednotlivých miskách.

Na počátku pokusu bylo nasazeno 20 ks ráčete ve třetím vývojovém stádiu a 20 ks blešivce, během celého pokusu bylo použito 91 ks ráčat a 65 ks blešivce.

Pokus je opět posuzován ve dvou variantách (krmený a nekrmený oddíl). Statistické porovnání jevů bylo provedeno opět Chí-kvadrát testem (χ^2) – porovnáním pozorovaných a očekávaných četností

Výskyt svlečků u blešivců byl zaznamenán v 11 případech v krmeném oddílu (31,4 %, n = 35) a ve 13 případech v oddílu nekrmeném (43,3 %, n = 30). Svlečky a přechod do

dalšího vývojového stádia vykazovali raci v 11 případech v krmeném oddílu (36,7 %, n = 30), nekrmená ráčata se svlékala v 5 případech (tj. 8,2 %, n = 61) (Tab. 2).

Mortalita krmených blešivců dosahovala 71,4 % (25 ks, n = 35), v nekrmeném oddílu uhynulo 18 ks (n = 30) tj. 60 %. Krmená ráčata hynula v 36,7 % (11 ks, n = 30), v nekrmeném oddílu dosahovala úmrtnost 34,4 % (21 ks, n = 61).

Statistickým srovnáním hynul v krmené variantě více blešivec ($\chi^2 = 0,54$, $p = 0,02$), v nekrmené variantě pak naopak hynula ve větším množství ráčata ($\chi^2 = 0,11$, $p = 0,75$), porovnáváno stejně jako v předešlém pokusu k předpokládané mortalitě blešivce a raka 1:1. Velikost mortality blešivce i raka v krmené variantě znázorňuje graf 4, mortalitu v nekrmené variantě pak graf 5.

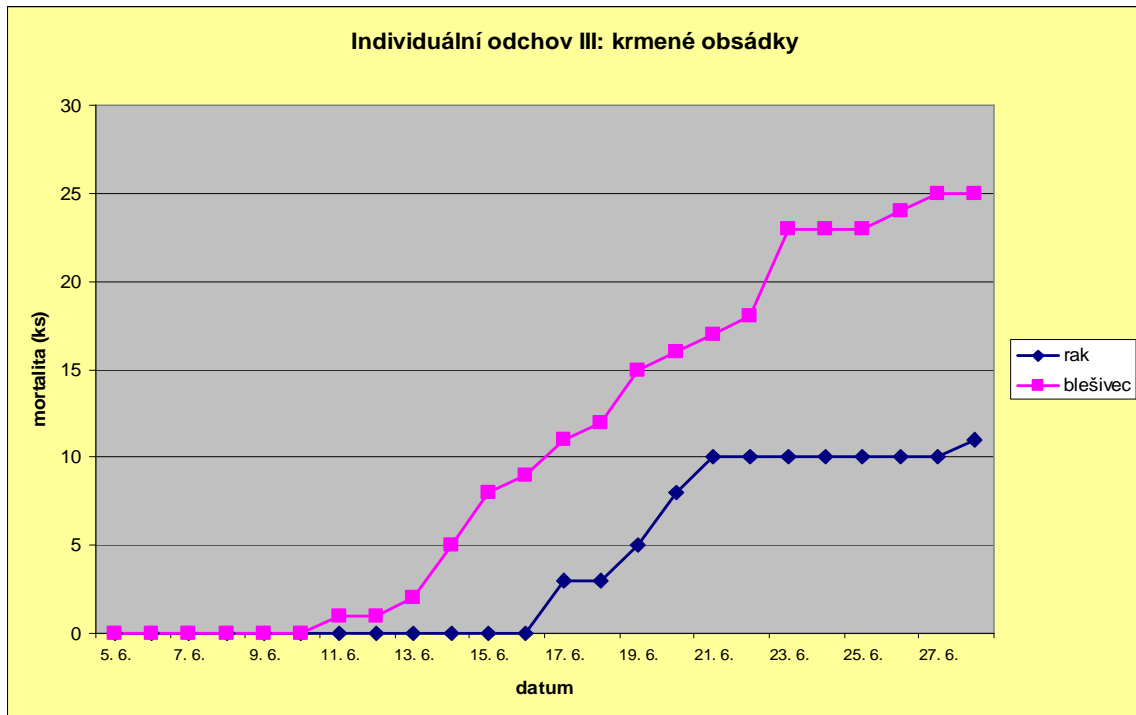
Během experimentu byly zaznamenány mezidruhové predáční ataky. V krmeném oddílu tvořilo kořist 9 ráčat (30 %, n = 30), v nekrmeném oddílu dosáhla velikost kořisti 30 ks ráčat (49,2 %, n = 61). Predace ráčat v krmeném oddílu neprobíhala, v nekrmeném byly zaznamenány 2 případy sežrání blešivce ráčetem (6,7 %, n = 30).

Srovnáním predace v nekrmené variantě s předpokládanou predací blešivce:rak 1:1 dojdeme k závěru, že úlohu kořistníka v daleko větší míře zastupuje blešivec ($\chi^2 = 25,48$, $p = 0$), v krmené variantě tuto úlohu převzal zcela ($\chi^2 = 9$, $p = 0,02$). Velikost predace blešivce znázorňuje graf 6.

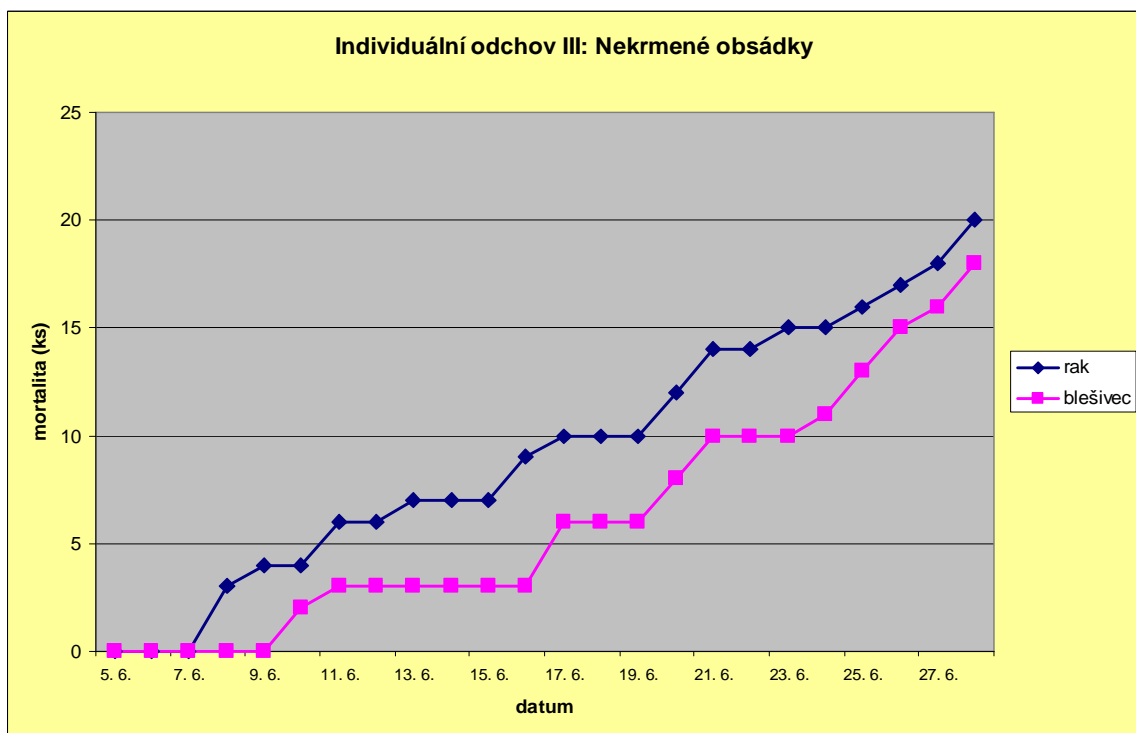
Tabulka 2: Výskyt svlečků u krmeného a nekrmeného raka a blešivce během individuálního odchovu III.

datum	rak krmený	rak nekrm.	blešivec krmený	blešivec nekrm.
5. 6. 2007				
6. 6. 2007				
7. 6. 2007				1
8. 6. 2007	1		1	
9. 6. 2007				
10. 6. 2007				2
11. 6. 2007	2	2	1	1
12. 6. 2007	1		1	
13. 6. 2007	4		2	
14. 6. 2007				1
15. 6. 2007			1	
16. 6. 2007			1	2
17. 6. 2007				
18. 6. 2007				1
19. 6. 2007	1		1	
20. 6. 2007			1	1
21. 6. 2007	2	1		
22. 6. 2007		2	1	1
23. 6. 2007			1	1
24. 6. 2007				
25. 6. 2007				1
26. 6. 2007				
27. 6. 2007				1
28. 6. 2007				
celkem	11	5	11	13
%	36,7	8,2	31,4	43,3

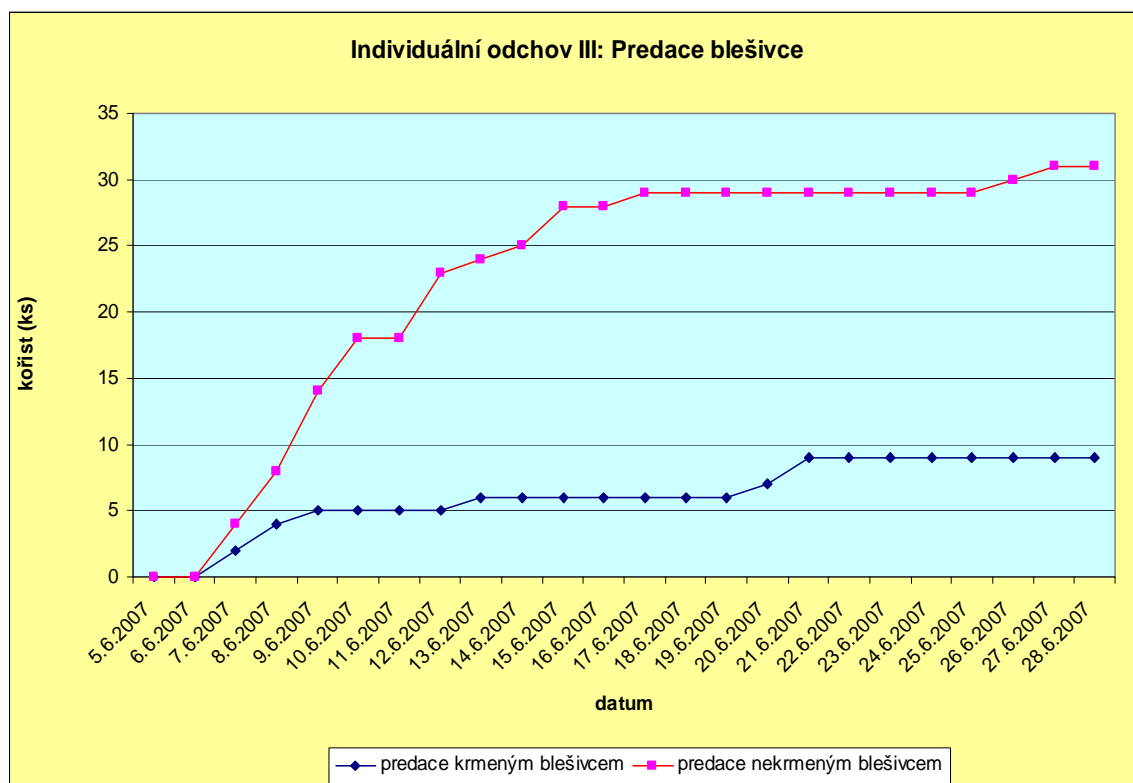
Graf 4: Mortalita raka a blešivce v krmených obsádkách v průběhu individuálního odchovu III.



Graf 5: Mortalita raka a blešivce v nekrmených obsádkách v průběhu individuálního odchovu III.



Graf 6: Velikost predace blešivce v krmeném a nekrmeném oddílu v průběhu individuálního odchovu III.



4.2. Laboratorní výsledky skupinového odchovu

Tento sedmítýdenní pokus byl ukončen 25. 7. 2007 uhynutím většiny jedinců v nádržích. Délka toho experimentu nám umožnila sledování nejen úhynů a interakcí mezi jedinci, ale také přechody ráčat do dalších vývojových stádií při dostatku nebo absenci předkládané potravy. Svlečky blešivců poukazovaly zase na vývoj a růst jejich zástupců.

Nevýhodou tohoto pokusu je nemožnost zjištění zda chybějící jedinci raků a blešivců podlehli přímo aktivní predaci nebo kanibalismu nebo byli během týdenního intervalu zkonsumováni až po úhynu, stejně jako nemožnost zjištění přesného počtu svlékajících se jedinců.

Statistické vyhodnocení bylo provedeno vícefaktorovým variačním testem ANOVA .

Na celý pokus bylo použito 474 raků, přičemž při výchozím nasazení ráčata dosahovala III. vývojového stádia a 575 blešivců různého věkového a velikostního složení. Vizualní kontrola prokázala zastoupení jedinců různých velikostních skupin.

Téměř většina samostatně nasazených krmených ráčat přešla během prvního týdne pokusu do dalšího vývojového stádia (IV. vývojové stádium), při kontrolním odlovu druhý týden se již projevila značná variabilita, ve 2 ze 3 akvárií se samostatně nasazenými krmenými ráčaty již polovina raků dospěla do V. vývojového stádia, ve 3. akvárii se vyskytovala část jedinců ještě ve III. vývojovém stádiu. Během třetího až pátého týdne pokusu ráčata postupně dosahovala následujících vývojových stádií. Podobných výsledků ráčata dosahovala ve společném odchovu s blešivcem. Samostatně i společně nasazená nekrmená ráčata začala přecházet do IV. vývojového stádia až v druhém týdnu, a to jen v několika kusech v jednotlivých akváriích, během dalších týdenních intervalů mezi kontrolními odlovy ráčata postupně přecházela do dalších vývojových stádií.

Krmení blešivci se v průběhu pokusu svlékali rovnoměrně ve všech svých druhově individuálních i druhově společných nádržích. Vyšší četnost svlečků byla zaznamenávána od třetího týdne pokusu. Intenzita svlékání nekrmených blešivců byla nižší, zvyšující se četnost byla také zaznamenávána od 3. týdne pokusu. Přesný počet svlékajících se jedinců v akváriích nebyl zjistitelný, jelikož v týdenních intervalech mezi jednotlivými kontrolními odlovy docházelo v nádržích ke značnému rozkladu svlečků a pohybem živých jedinců k jejich poškození.

Celková bilance nasazených jedinců, úhynů, velikost predace a jednotlivé procentuální zastoupení jevů je zachyceno v tabulce 3 pro druhově individuální a v tabulce 4 pro druhově společné nasazení krmených a nekrmených jedinců ve skupinovém odchovu.

Velikost vnitrodruhové predace v jednotlivých týdenních intervalech v průběhu skupinového odchovu v oddílech druhově individuálního nasazení znázorňuje graf 7, v oddílech druhově společného nasazení pak graf 8.

Pro statistické vyhodnocení přežívání jedinců během pokusu bylo možné použít jen první dvě přelovení. V dalších týdnech se již projevila trend „vymírání“ nasazených jedinců a velikost vzorku se postupně snižovala.

V prvním týdnu pokusu (1. přelovení) vykazoval celkově vyšší přežití blešivec ($F = 47,87$, $p < 0,05$) (graf 9). Mortalita krmených a nekrmených osádek blešivce byla vyrovnaná narozdíl od osádek raka, který hynul ve větších počtech v nekrmených variantách ($F = 18,01$, $p < 0,05$) (graf 10).

Vliv druhově společného odchovu byl prokázán u raka, mortalita v druhově individuální odchovu byla nižší, blešivec hynul téměř stejně ve společné i oddělené osádce ($F = 9,67$, $p < 0,05$) (graf 11).

Následující týden mezi prvním a druhým přelovením vykazoval celkově vyšší přežití rak ($F= 16,12$, $p < 0,05$) (graf 12) a opět byl prokázán fakt, že vyšší mortality dosahoval při společném nasazení s blešivcem (blešivec naopak hynul ve společné obsádce méně ($F = 4,56$, $p < 0,05$) (graf 13). Rozdíly jsou patrné také z hlediska přísunu potravy. Stejně jako první týden hynul více rak nekrmený. Blešivec naopak v nekrmených variantách přežíval více ($F = 14,13$, $p < 0,05$). Rozdíly znázorňuje graf 14.

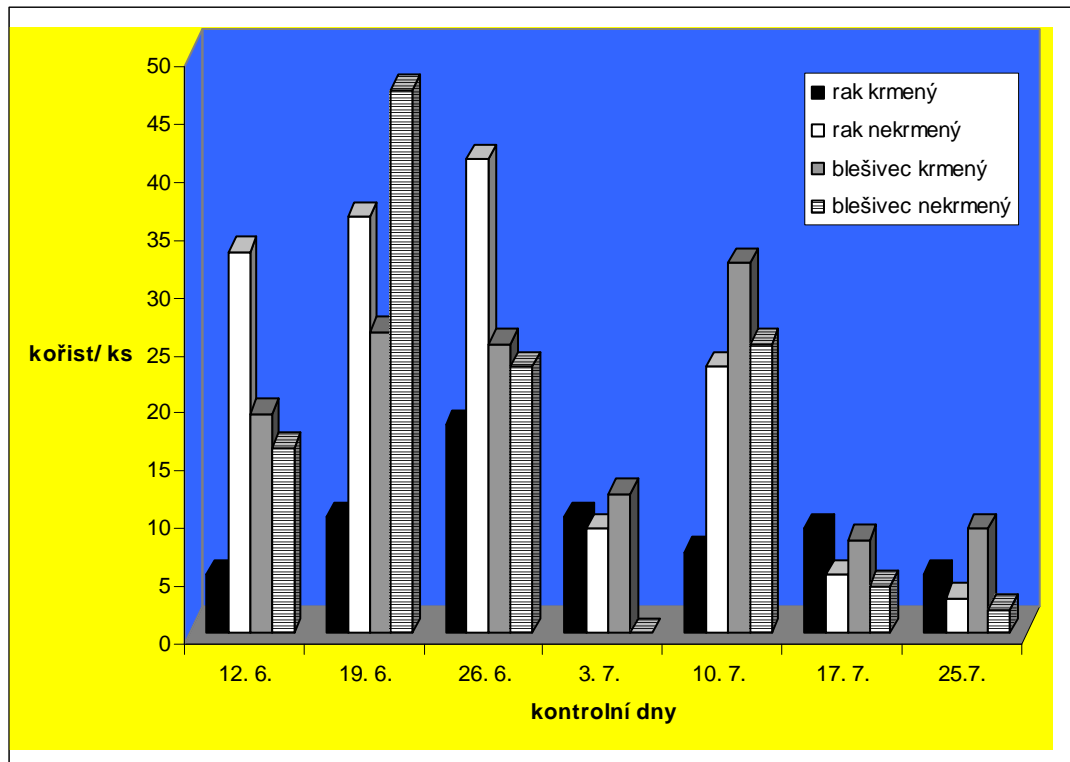
Tabulka 3: Bilance výskytu jednotlivých jevů v druhově individuálním odchovu.

	nasazeno	úhyn		kanibalismus		zbytek	
		ks	ks	%	ks	%	ks
rak krmený	122	47	38,5	64	52,5	11	9
rak nekrmený	170	19	11,2	150	88,2	1	0,6
blešivec krmený	203	70	34,5	131	64,7	2	0,1
blešivec nekrmený	175	51	29,1	117	66,9	7	4

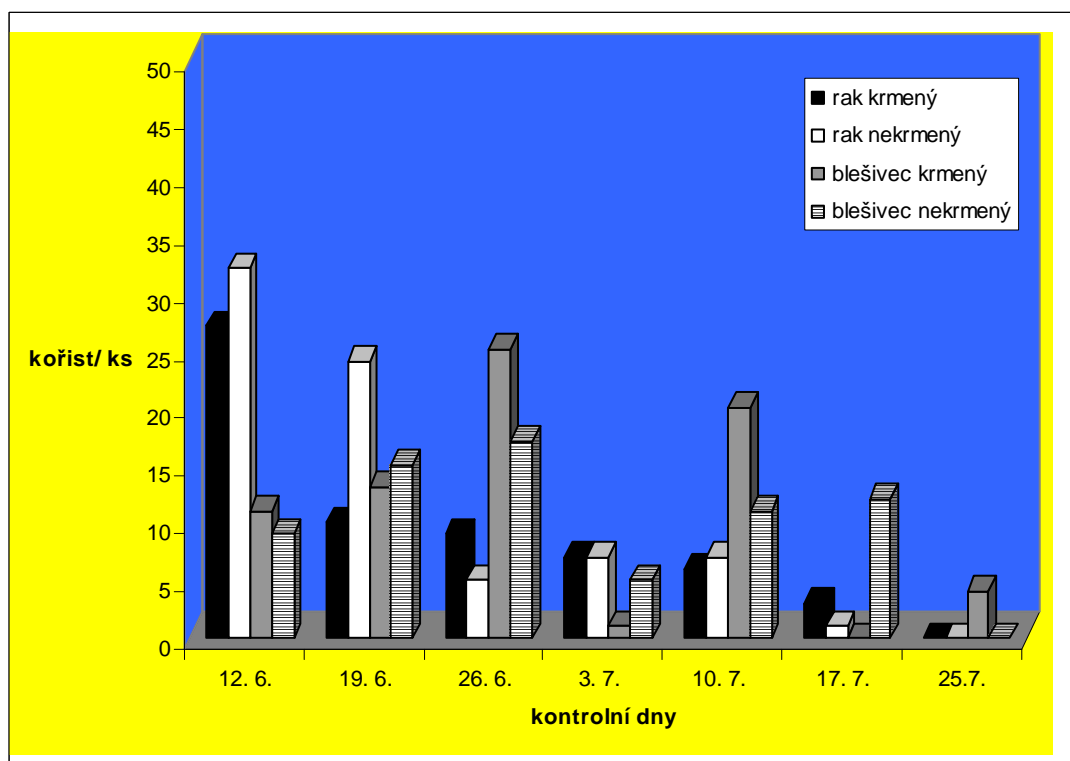
Tabulka 4: Bilance výskytu jevů v druhově společném odchovu.

	nasazeno	úhyn		predace		zbytek	
		ks	ks	%	ks	%	ks
rak krmený	87	25	28,7	62	71,3	-	-
rak nekrmený	95	19	20	76	80	-	-
blešivec krmený	98	24	24,5	74	75,5	-	-
blešivec nekrmený	99	30	30,3	69	69,7	-	-

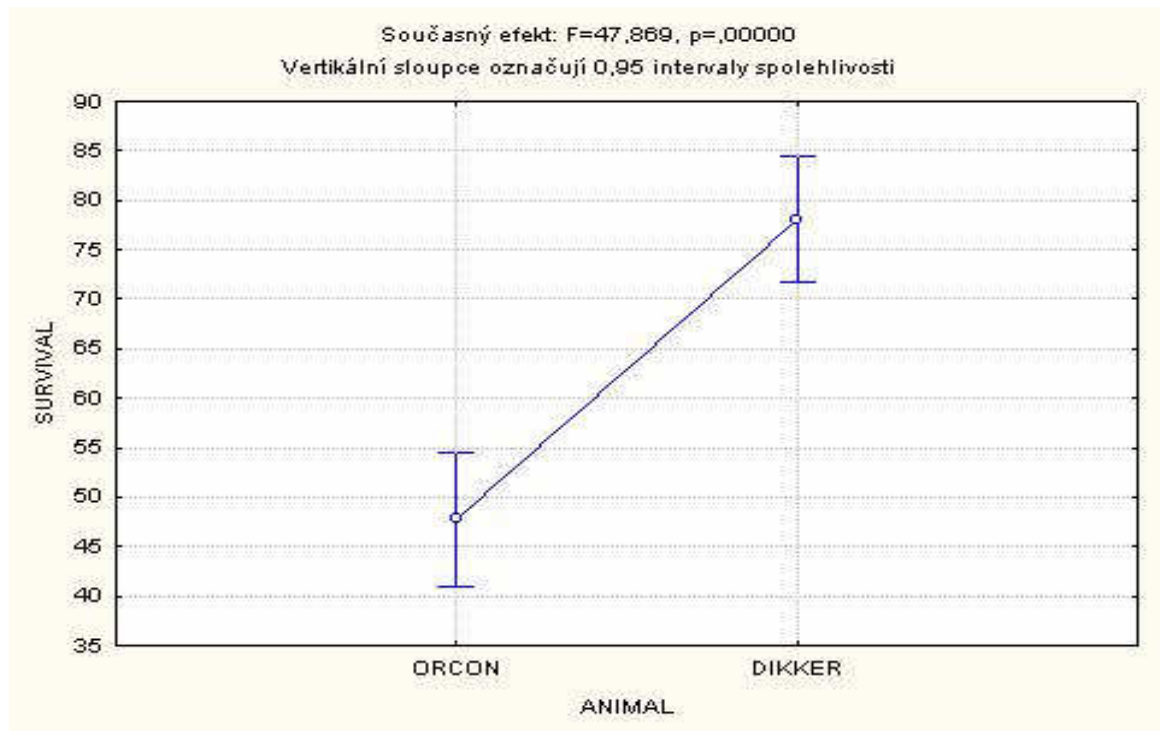
Graf 7: Velikost kanibalismu v průběhu skupinového odchovu v druhově individuálních odchovech.



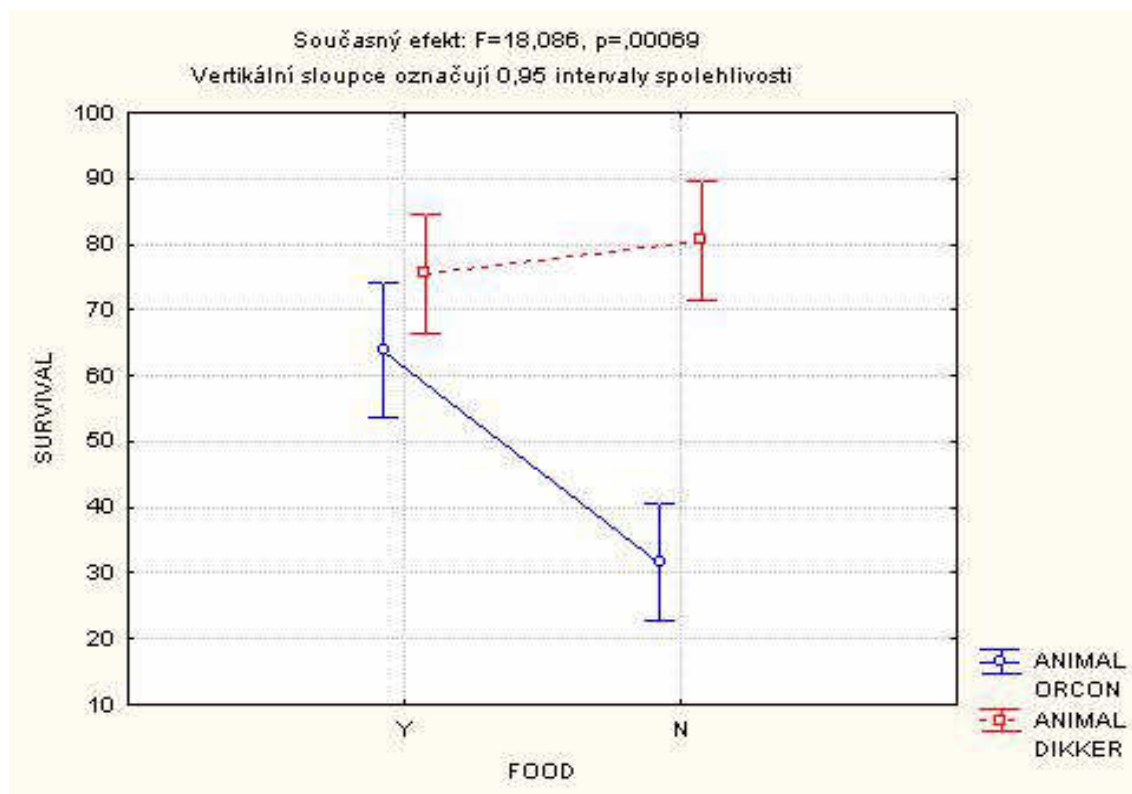
Graf 8: Velikost predace a kanibalismu v průběhu skupinového odchovu v druhově společném nasazení.



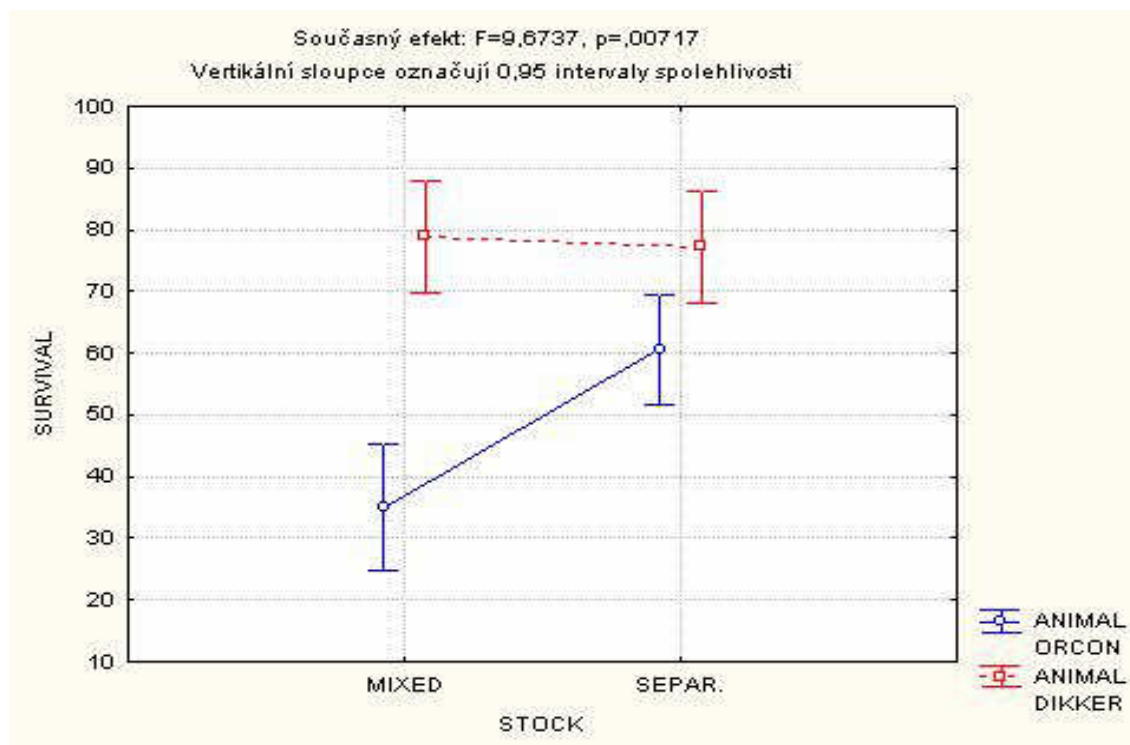
Graf 9: Srovnání přežívání raka (*Orconectes limosus*) a blešivce (*Dikerogammarus villosus*) v 1. týdnu skupinového odchovu.



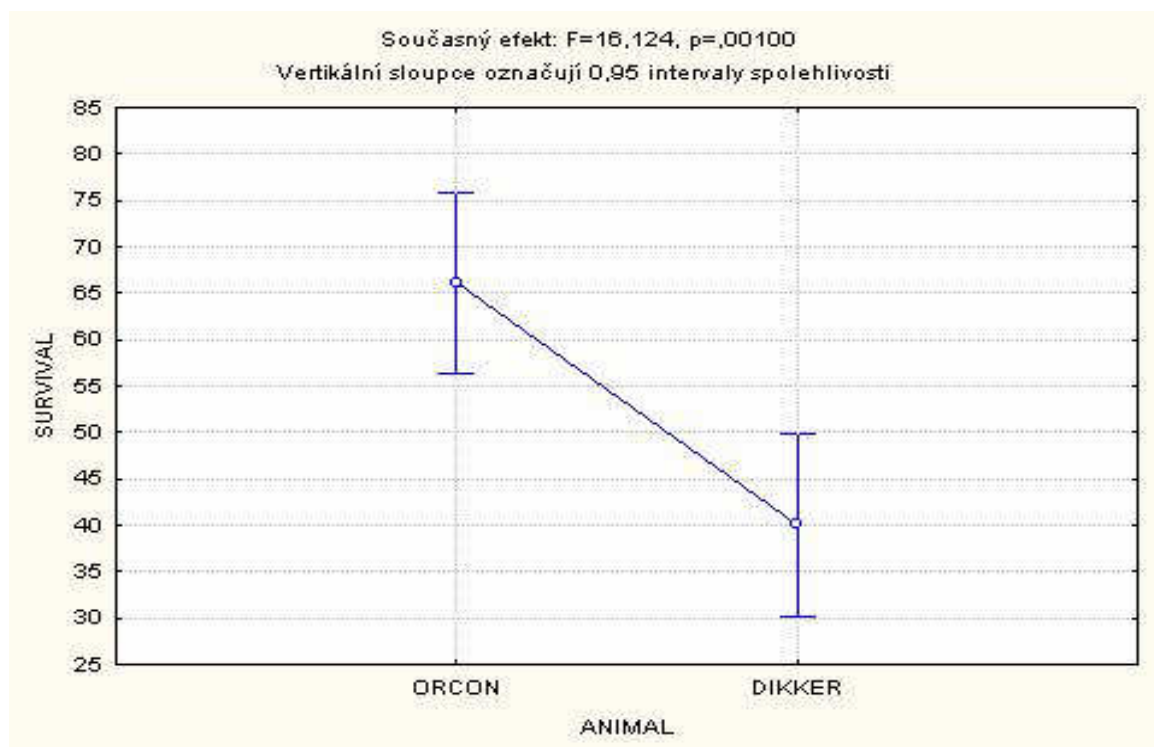
Graf 10: Srovnání přežívání raka a blešivce v krmených a nekrmených obsádkách v 1. týdnu skupinového odchovu.



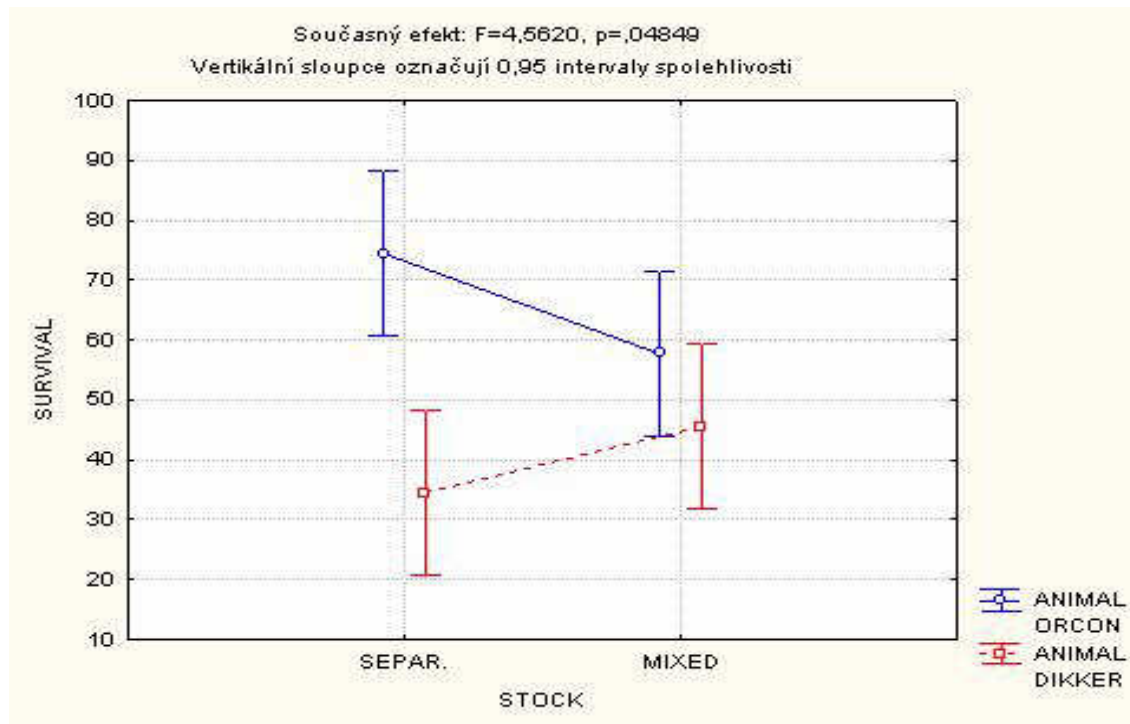
Graf 11: Srovnání přežití raka a blešivce ve společných a oddělených obsádkách v 1. týdnu skup. odchovu.



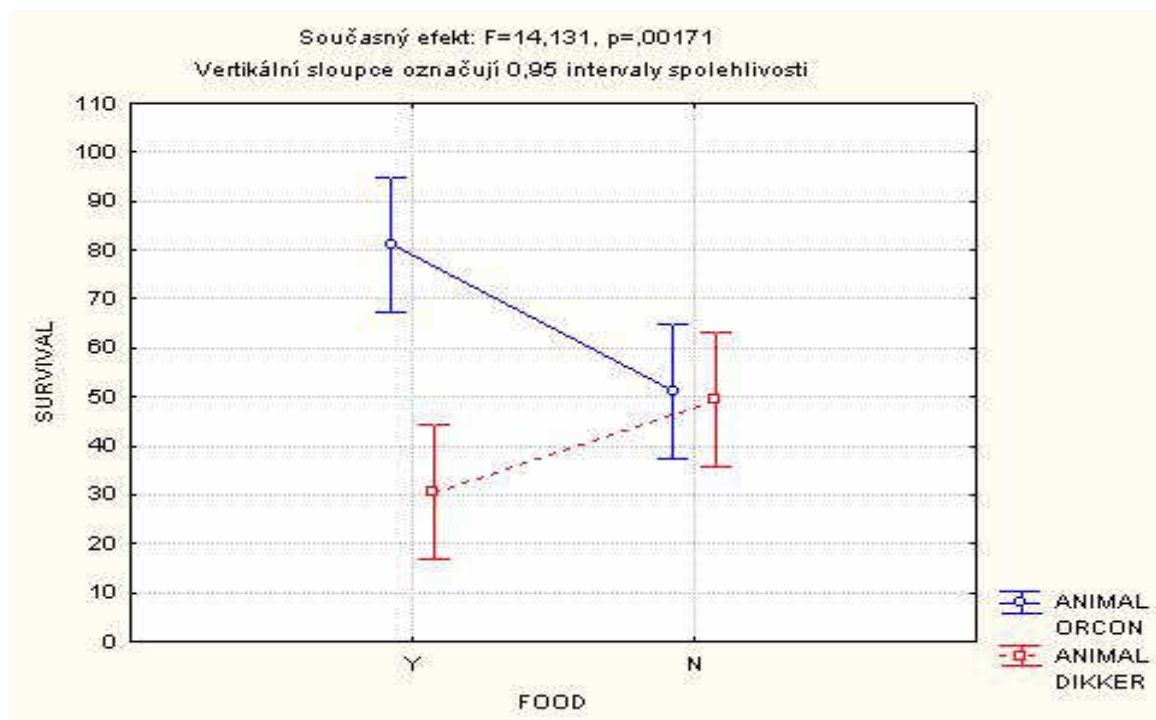
Graf 12: Srovnání přežívání raka (*Orconectes limosus*) a blešivce (*Dikerogammarus villosus*) během 2. týdne skupinového odchovu.



Graf 13: Srovnání přežití raka a blešivce ve společných a oddělených obsádkách během 2. týdne skup. odchovu.



Graf 14: Srovnání přežívání raka a blešivce v krmených a nekrmených obsádkách v průběhu 2. týdne skupinového odchovu.



5. Diskuse

Výsledky těchto experimentů jsou výsledky dosažené v laboratorních podmínkách, kde je velikost vzájemných interakčních vztahů ovlivněna mnoha faktory v běžných přírodních podmínkách se nevyskytujících (velmi omezený prostor, snížená možnost využití vhodného úkrytu, nemožnost prostorové a substrátové preference atd.) Naproti tomu jsou laboratorní podmínky schopny zajistit konstantní stabilitu prostředí, a tím eliminovat např. energetické výdaje nutné k adaptaci jedinců na velké výkyvy životních podmínek probíhajících běžně v přirozeném prostředí (deficity kyslíku, kolísání hladiny atd.)

První individuální pokus trval 22 dnů. Větší odolnost vůči podmínkám vykazovali blešivci, kteří hynuli až v poslední třetině experimentu a i adaptace na různé typy prostředí a vytvořené podmínky byla u blešivců vyšší. Rychlost úhynu ráčat je patrně způsobena nedostatkem prostoru, úkrytů a potravy. Nynström (1994) uvádí, že pro přijatelné přežití ráčat během odchovu v umělých podmínkách jsou nejdůležitější tři faktory: dostatek úkrytů, světelná intenzita nejméně 600 luxů a dostatek čerstvé potravy. Z výsledků pokusu vyplývá, že při nasazení ráčate do podmínek splňující alespoň jeden faktor, pravděpodobnost přežití ráčate se zvyšuje. Je nutné však brát v úvahu, že popisované faktory nepůsobí jako izolovaný jev, ale v kombinaci s ostatními, samostatně mohou jen zvyšovat komfort přežívání ráčat v experimentu.

Zatímco výskyt svlečků byl u blešivců pozorován ve třech případech, rak se svlékal pouze jednou. To může být zapříčiněno nedostatkem úkrytů. Musil (2007) z výsledků vlastních laboratorních pokusů uvádí, že ekdyse raka pruhovaného probíhala v úkrytech. Ty byly zajištěny v tomto experimentu pouze v jednom oddílu, kde však nebyla předkládána potrava a jedinci hladověli.

Během pokusu nebyla pozorována vzájemná interakce mezi rakem a blešivcem, ale uhynulá těla raků byla blešivci do 3 dnů od zjištění úhynu zkonsumována. Jelikož raci hynuli dříve nebylo možné prokázat opačný efekt.

Ve druhém individuálním odchovu, který probíhal 8 dní, byla úmrtnost jedinců téměř vyrovnaná. Krmení a nekrmení jedinci hynuli ve stejné míře a zásadní rozdíly nebyly pozorovány ani ve srovnání úmrtnosti mezi oběma druhy (rak krmený 31 %, nekrmený 29 %, blešivec krmený i nekrmený 28 %). Tento efekt může být zapříčiněn krátkou délkou trvání pokusu (graf 2, 3; kap. 4.1.2.)

Z grafu 2 a 3 vyplývá, že ráčata začala hynout 2. den po nasazení, blešivci až den 3., nejprve v nekrmené variantě. Zajímavý je také fakt, že úhyn ráčat převažoval v samostatně nasazených variantách, naopak blešivec hynul ve větších počtech ve společných odchovech. Zatímco ráčata mohla hynout v důsledku celkových nepříznivých podmínek, vyšší mortalitu blešivce ve společných odchovech mohl zvyšovat stres. Boj jedince o prostor je totiž vysoký stresový faktor, který způsobuje vyšší úmrtnost (Losos et al., 1984).

Patrné rozdíly jsou ve vyhodnocení růstu nasazených jedinců. V krmené variantě se rak svlékal a přecházel do IV. vývojového stádia v 26,9 % oproti 7,1 % ve variantě nekrmené. Stejně tak u blešivce bylo svlékání četnější u krmených jedinců (16 %) než u jedinců nekrmených (8 %) (tab. 1; kap. 4.1.2.) (Aiken a Waddy, 1992) uvádějí jako hlavní faktory ovlivňující svlékání korýšů výživový a zdravotní stav a vnější podmínky prostředí, což plně potvrzuje provedený pokus. V tomto případě měla výživa a prostor zásadní vliv na počet svlečků.

Predace se během pokusu objevila pouze ve dvou případech, kdy byl kořistníkem nekrmený blešivec.

Statistickým srovnáním úmrtnosti blešivce a raka ve III. individuálním odchovu v závislosti na podávání krmiva, dojdeme k poznatku, že blešivec hynul ve větších počtech v krmených obsádkách oproti raku. Rak v nekrmených obsádkách naopak hynul častěji než blešivec (graf 4, 5; kap. 4.1.3.) Mortalita blešivců dosahovala 60 % v nekrmeném oddíle a 71,4 % v oddíle krmeném. Na nižší mortalitu nekrmených blešivců může mít vliv i vysoká predace a tím zisk potravy, která dosahovala 49,2 % (31 ks ráčat) v daném oddílu. Predace krmených blešivců činila 30 % (9 ráčat) (graf 6; kap. 4.1.3.).

Míra úmrtnosti raků se v jednotlivých variantách zásadně nelišila (krmení jedinci hynuli v 36,7 %, nekrmení v 34,4 %).

V tomto experimentu byly také zaznamenány predační ataky ráčete na blešivce a to ve 2 případech v nekrmené variantě. Kořist tvořila 6,7 % nasazených blešivců v tomto oddílu.

Porovnáním velikosti predace blešivce a raka se v tomto experimentu prokázalo dominantní postavení blešivce jako kořistníka, v nekrmené variantě se na predaci podílel v malé míře i rak, v krmené variantě ale úlohu kořistníka převzal blešivec zcela. (graf 6; kap. 4.1.3.) Vysokou agresivitu blešivce potvrzuje i Devin et. al. (2003), který uvádí, že blešivec napadá početné skupiny bezobratlých, ale často dokáže zaútočit i na ranná stádia

malých obratlovců (ranné stupně vývoje některých druhů ryb a jejich jikry) a ani větší velikost kořisti často nebývá pro blešivce překážkou pro její napadení .

Velkým predačním tlakem a tím i zdrojem potravy je patrně zapříčiněn i vyšší výskyt svlečků u blešivců v nekrmeném oddíle (43,3 %, 13 ks). V krmené variantě se blešivci svlékali v 31,4 % (11 ks svlečků). Vliv krmení se projevil ve srovnání počtu svlečků a přechodů do dalšího vývojového stádia ráčat. Krmená ráčata přecházela do IV. vývojového stádia v 36,7 % (11 ks), nekrmená ráčata pouze v 8,2 % (5 ks svlečků) daného oddílu (tab. 2; kap. 4.1.3.). Velký vliv na početnost svlékajících se jedinců sehrála i velikost prostoru (v tomto případě misek). Goyert a Avult (1978) popisují velikost odchovné nádrže jako jeden z negativních faktorů růstu a přežití raků.

Při srovnání individuálních odchovů II. a III. dojdeme k poznatku, že blešivci i ráčata se vyvíjí a ve větší míře přecházejí do dalších vývojových stádií hlavně při dostatku přijatelné potravy. Naproti tomu množství uhynulých jedinců je ovlivněno komplexem vlivů a potravní dostupnost je jen dílčím faktorem. Velký vliv na úmrtnost tak představuje velikost životního prostoru, možnosti úkrytu nebo prostorová konkurence s ostatními živočichy. Například Dick a Platvoet (2000) uvádějí výskyt blešivce *Dikergammarus villosus* jako faktor prudkého snížení velikosti populací ostatních druhů blešivců v daném prostoru, která je dána nejen přímým predačním tlakem, ale také potravní a prostorovou konkurencí.

V posledním experimentu - skupinovém odchovu vykazovala vyšší mortalitu ráčata v krmených variantách: 38,5 % v samostatném a 28,7 % ve společném odchovu. Úmrtnost jedinců v nekrmených variantách dosahovala 11,2 % v samostatném a 20 % ve společném odchovu s blešivcem (tab.3, 4; kap. 4.2.).

Jiných výsledku bylo dosaženo při posuzování vnitrodruhové predace ráčat. Gydemo (1993) uvádí jako nejdůležitější faktor kanibalismu mezi ráčaty hladovění. Franck (1996) pak zase udává jako příčiny usmrcování příslušníků vlastního druhu stres, přemnožení nebo mimořádnou nedostatkovou situaci. Tou může být nedostatek prostoru, úkrytů nebo právě absence potravy. To se plně projevilo ve velikosti vnitrodruhové predace u druhově individuálního nasazení nekrmených ráčat, kde velikost kanibalismu dosahovala 88,2 %, oproti individuálně nasazeným krmeným ráčatům, kde kanibalismus dosahoval 52,5 % (tab. 3, 4; kap. 4.2.).

Mortalita blešivců byla v jednotlivých variantách poměrně vyrovnaná. Druhově individuálně nasazení jedinci hynuli v 34,5 % v krmené a 29,1 % v nekrmené variantě. Ve

společných odchovech s ráčaty úhyny dosahovaly 24,5 % a 30,3 % (krmená a nekrmená varianta) (tab. 3, 4; kap. 4.2.).

Poměrně vysokých hodnot dosahovala vnitrodruhová predace mezi blešivci. Kanibalismus se projevil v individuálních odchovech v 64,4 % mezi krmenými jedinci a 66,9 % mezi blešivci nekrmenými (tab. 3, 4; kap. 4.2.). Na velikosti kanibalismu se projevil nedostatek vhodných úkrytových míst. Platvoet et al. (1998) provedl test, kdy nasadil 10 juvenilních blešivců a 10 dospělců společně do 10 nádrží, do poloviny byly umístěny plastové rošty 20 x 20 cm s 81 různě velkými náhodně rozmístěnými dírami, které měli za úkol simulovat úkryty. Test se zaměřil na velikost přežití v obou variantách. Délka experimentu trvala 16 hodin, čímž se eliminovaly úhyny a v nádržích docházelo pouze k predaci. V nádržích bez úkrytů dosahovala míra přežití 90 % u dospělců a 10 % u juvenilních jedinců, zatímco v nádržích s rošty dospělci přežívali v 95 % a juvenilní jedinci v 60 %. Z výsledků testů vyplývá, že míra kanibalismu je značně závislá na substrátové preferenci. Bez možnosti úkrytu se juvenilní jedinci stali kořistí v 90 % (oproti 40 % v nádržích s úkryty). Tímto pokusem tak byla vysvětlena prostorová a substrátová preference různě velkých jedinců jako obrana před vnitrodruhovými predačními ataky.

Velikost predace v druhově společných odchovech dosahovala 80 % nasazených ráčat v krmené a 71,3 % ráčat v nekrmené variantě. Blešivci tvořili kořist ve společných odchovech v 75,5 % v krmené a 69,7 % v nekrmené variantě společného odchovu.

K největšímu výskytu predace a kanibalismu docházelo v prvních týdnech pokusu, kdy byli jedinci v nádržích nejpočetněji zastoupeni a jednotlivci vykazovali vysokou aktivitu a dobrou kondici vlivem předchozího přirozeného prostředí blešivce a předešlými podmínkami ráčat v umělém odchovu. Snižující se počet jedinců v nádržích měl také značný vliv na velikost predace a kanibalismu, což se projevilo nárůstem počtu interakcí a velikosti kořisti (zejména u blešivce) po dvojím dosazení chybějících jedinců v prvním a čtvrtém týdnu pokusu (12. 6. a 3. 7.) (graf 7, 8; kap. 4.2)

Při statistickém porovnávání mortality raka a blešivce byly použity jen první 2 přelovení, v dalších týdnech docházelo k rychlému snížení početnosti jedinců v nádržích. Vyhodnocením výsledků bylo zjištěno, že v prvním týdnu pokusu celkově více přežíval rak (graf 9 ; kap. 4.2.), opačný efekt – celkově vyšší přežití blešivce bylo zaznamenáno naopak v druhém týdnu pokusu (graf 12; kap. 4.2.) Rak během prvních dvou týdnů vykazoval vždy vyšší přežití v samostatných obsádkách, blešivec naopak vykazoval ve společných obsádkách podobné nebo vyšší přežití oproti obsádkám individuálním (graf

11,13; kap. 4.2.). Stejně výsledky vykazovalo i statistické porovnání přežití raka i blešivce v krmených a nekrmených variantách. Rak hynul ve větší míře v nekrmených obsádkách, blešivec naopak hynul podobně nebo více v obsádkách krmených (graf 10, 14; kap. 4.2.). Z těchto výsledků můžeme nepřímo a částečně usuzovat, že blešivec bude lépe předurčen přizpůsobení se ne zcela optimálním životním podmínkám (výskyt konkurenta, nedostatek potravy). Zde je ale nutné přihlédnout k okolnostem, že v pokusu byli použiti blešivci různého věku a raci ve svých vývojových stádiích, kdy je mortalita vyšší než u dospělých jedinců a jedinci jsou náchylnější k nepříznivým vlivům, podle Musila (2007) zejména k nedostatku potravy.

Velikost obývaného prostoru, nedostatek úkrytů a částečně i absence potravy, prokázaný kanibalismus u druhově individuálního nasazení jedinců ve skupinovém odchovu a taktéž prokázané mezidruhové predace, zejména ze strany blešivce, v předchozích individuálních pokusech jsou předpokladem, že mezi ráčaty a blešivci probíhal vnitrodruhový kanibalismus a mezidruhová predace souběžně. Výsledky však mohou být částečně zkresleny např. jedinci, kteří se nestali přímo kořistí, ale byli zkonsumováni po svém úhynu během týdenních intervalů mezi odlovy. O tom, že se jednalo o predaci lze částečně usuzovat výskytem uhynulých nezkonsumovaných jedinců na dnech nádrží. Predace však není ovlivněna jen ziskem potravy, ale také velikostí prostoru a možnostmi ukryt se. Nynström (1994) popisuje hustotu ráčat v prostoru jako faktor, který výrazně ovlivňuje projev kanibalismu mezi jedinci. Lze předpokládat, že velikost prostoru je limitním faktorem kanibalismu i u blešivců a stejný předpoklad bude ovlivňovat i velikost mezidruhové predace mezi oběma druhy a tudíž velikost a členitost prostoru sehrála výraznou roli v průběhu jednotlivých pokusů a měla zásadní vliv na vzájemné interakce, ale i na růst a hynutí. Tomu, že ráčata *O. limosus* mohou být vhodnou kořistí blešivce napovídá i fakt, že juvenilní jedinci raka pruhovaného dosahují ve svých vývojových stádiích velmi malých rozměrů. Kanta (2007) uvádí, že ráčata *O. limosus* jsou během svého vývoje zdaleka nejmenší a dosahují nejnižších hmotností z u nás žijících raků. Vhodnost ráčat jako kořisti blešivce může zvyšovat i větší podíl aktivního pohybu ráčat mimo úkryt, který je pro tento druh typický (Musil, 2007). Stejně tak o tom, že blešivec *D. villosus* je značně agresivní a jako predátor velmi variabilní poukazují testy, které provedli Casellato, Visentin a La Piana (2007), kdy prokázali predaci blešivce v laboratorních podmínkách jak na jikrách ryb, tak i na zástupcích bezobratlých (larvách pakomárů rodu *Chironomus*, dospělých berušky vodní *Asellus aquaticus*, a blešivců *Echinogammarus stammeri*).

Cílem diplomové práce bylo zjištění potravní interakce mezi dvěma nepůvodními druhy korýšů blešivce velkohrbého *Dikerogammarus villosus* a amerického raka pruhovaného *Orconectes limosus*. Tato práce však nestihla prozkoumat vztahy mezi jedinci ve všech svých vývojových stádiích, ale zaměřila se na interakci mezi ráčaty nasazovanými v jednotlivých experimentech od III. vývojového stádia a blešivci, jež byli v experimentu zastoupeni různými věkovými kategoriemi a zachycovali vzorek běžně věkově a velikostně složené populace, získané při terénních odlovech probíhajících na několika místech s odlišným substrátem (kořeny rostlin, hrubý štěrk, kameny) s cílem zjištění předpokládané predace blešivce na ráčata, četnost predace ráčat, ale také vnitrodruhové predace mezi jedinci obou druhů. Velice zajímavé by také mohly být výsledky interakce mezi dospělými raky a blešivci, kde lze počítat, že úlohu kořistníka by převzal dospělý raka, otázkou však je v jaké intenzitě.

Jelikož se jedná o druhy v přírodě obydňující stejné biotopy, lze předpokládat, že výsledky laboratorních pokusů budou částečně přenesitelné do reálné skutečnosti, i když v přírodních podmínkách může být vzájemná interakce odlišná, lišící se ve frekvenci a intenzitě, ovlivněna mnoha faktory, např. velikostí a věkovým složením populací osidlující stejné stanoviště, členitostí a substrátem dna, potravní dostupností atd..

Nevýhodou této práce je chybějící přesnější biometrické rozdělení blešivců, před jednotlivými pokusy. Vzhledem ke dvěma neúspěšným převozům blešivců, kdy větší část nalovených jedinců uhynula a vzhledem k náročnosti získat souběžně blešivce i ráčata jsem byl nucen provést pokusy bez těchto měření.

6. Závěr

Z výsledků diplomové práce vyplývá, že vzájemná potravní interakce mezi dvěma koexistujícími druhy nepůvodních koryšů – rakem pruhovaným *Orconectes limosus* a blešivcem *Dikerogammarus villosus* v laboratorních podmínkách existuje.

Rozsah a celkové možnosti práce se omezily pouze na prozkoumání vzájemných vztahů mezi blešivcem a vývojovými stádii juvenilních raků, proto by bylo vhodné na tuto práci navázat a prozkoumat také vzájemné interakce mezi dospělci raka a blešivcem.

Celá řada citovaných autorů se zmiňuje o přílišné agresivitě a dravosti obou druhů a stejně tak i tato práce měla za úkol přiblížit agresivní chování, zejména potravní návyky těchto dvou alochotných obyvatel našich vod.

Prokázána byla nejen predace blešivce jako kořistníka, ale prokázán byl i fakt, že ráčata jsou od počátku svého růstu silně agresivní a schopni zaútočit na jedince jiného druhu přibližně stejné velikosti. Stejně tak se potvrdila skutečnost, že silné predací tlaky probíhají uvnitř mezi jedinci téhož druhu. Jak již bylo zmíněno blešivec částečně omezuje vnitrodruhovou konkurenci a kanibalismus odlišnou preferencí substrátu různě velkých jedinců (Devin et. al, 2003). Oba druhy pak migrací a hledáním nových teritorií. To má za následek prostorové, ale i potravní vytlačování původních populací zoobentosu a obsazování jejich biotopů, čímž zásadně narušují přirozenou rovnováhu a dynamiku ekosystémů.

Silnými predacími tlaky blešivce, prokázanými v této práci a stejně tak značnou agresivitou, kdy blešivec často zabijí kořist aniž by ji kompletně pozřel (Dick et al., 2002), z něj činí vážnou hrozbu pro celou řadu živočichů koexistujícími na společném prostoru. Proto i pro ráčata raka pruhovaného je stejnou hrozbou a nebezpečným predátorem, který by mohl i v přirozených podmínkách společně s ostatními dravci redukovat počty juvenilních raků a částečně se tak podílet na velikosti populace. To potvrzuje i Fiskeriverket (1993) konstatováním, že bezobratlí dravci (např. vážky, vodní ploštice a larvy potápníka) mohou mít snadno zhoubný vliv na juvenilní raky. Mezi tyto dravce pak samozřejmě patří i blešivec *Dikerogammarus villosus*.

Jelikož se jedná o druhy v současné době samovolně se šířící, neexistuje možnost eliminace jejich expanze. Jedinou možností boje proti těmto nepůvodním druhům je prevence v zabránění jejich dalšímu šíření na nové lokality, čehož lze dosáhnout jen zlepšováním životních podmínek původních zástupců těchto čeledí zvyšováním kvality

vody, udržováním stálosti prostředí a revitalizacemi nevhodně upravených toků (např. obnovou původních přirozených meandrů, poskytujících dostatečné množství úkrytů a potravy, zastiňováním břehů vhodnými dřevinami nebo odstraněním zatrubněných částí toků) s cílem zabezpečit původním zoocenózám takové prostředí, kde bude docházet k jejich rozmnožování a tvorbě zdravých a silných populací.

Velice důležitý je také v případě raků umělý odchov a vysazování původních druhů do volné přírody a následná podpora jejich dalšího šíření. Nezbytné je také zamezit dalším introdukcím a samovolným pronikáním nepůvodních živočichů do prostředí, které se mohou v krátkém časovém horizontu zdát jako výhodné, z dlouhodobého hlediska však většina introdukcí nemá vážná opodstatnění a způsobují spíše četné problémy.

Jelikož zkušenosti s oběma druhy rakem pruhovaným *Orconectes limosus* a blešivcem velkohrbým *Dikerogammarus villosus* jsou nejen u nás, ale i v sousedních státech značně negativní a rychlost expanze alarmující, je nutné vést diskusi napříč celou Evropou jak těmto masivním expanzím zabránit a minimalizovat tak negativní dopady na prostředí.

7. Použitá literatura

- Adámek Z., 1998. Choroby raka. *Bulletin VÚRH Vodňany*, 34, 3, s. 109-110.
- Aiken D. E., Waddy S. L., 1992. The growth process in crayfish. *Reviews in Aquatic Sciences* 6, s. 335-381.
- Alderman D. J., Polglase J. L., 1986. *Aphanomyces astaci*: isolation and culture. *Journal of Fish Diseases*, 9, s. 367-379.
- Bacela K., Grabowski M., Konopacka A., 2008. *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1984) (Crustacea: Amphipoda) enters pistula – the biggest river in the Baltic basin. *Aquatic Invasions* 3 (1), s. 95-98.
- Berezina A., Ďuriš Z., 2008. First record of the invasive species *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda) in the Vltava River (Czech Republic). *Aquatic Invasions* 3 (4), s. 467-472.
- Bij de Vaate A., Klink A., 1995. *Dikerogammarus villosus* Sowinsky (Crustacea: Gammaridae), a new imigrant in the Dutch part of the lower Rhine. *Lauterbornia* 20, s. 51-54.
- Bij de Vaate, 2003. Degradation and recovery of the freshwater fauna in the lower sections of the Rhine and Meuse. Wageningen University dissertation, 3880. (<http://library.wur.nl/wda/abstracts/ab3380.html>).
- Bij de Vaate A., Jazdzewski K., Ketelaars H. A. M., Gollasch S., Van der Velde G., 2002. Geographical patterns in range extensions of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59 (7), s. 1159-1174.
- Bollache L., 2004. *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda): another invasive species in Lake Geneva. *Revue Suisse de Zoologie* 111 (2): 309-313.
- Bollache L., Devin S., Wattier R., Chovet M., Beisel J. N., Moreteau J. C, Rigaud T., 2004. Rapid range extension of the Ponto-Caspian amphipod *Dikerogammarus villosus* in France: potential consequences. *Archiv für Hydrobiologie* 160 (1), s. 57-66.
- Buchar J., Ducháč V., Hůrka K., Lellák J., 1995. Klíč k určování bezobratlých. *Scientia*, spol. s r.o., Praha, s. 138-139, 164-168.

- Brujjs M. C. M., Kelleher B., van der Velde G., Bij de Vaate A., 2001. Oxygen consumption, temperature and salinity tolerance of the invasive amphipod *Dikerogammarus villosus*: indicators of further dispersal via ballast water transport. *Archiv für Hydrobiologie* 152 (4), s. 633-646.
- Casellato S., La Piana G., Latella L., Ruffo S., 2006. *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1984) (Crustacea, Amphipoda, Gammaridae) for the first time in Italy. *Italian Journal of Zoology*, 73 (1), s. 97-104.
- Casellato S., Visentin A., La Piana G., 2007. The predatory impact of *Dikerogammarus villosus* on fish. In: Gherardi F., 2007. *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution and threats*. Springer, the Netherlands, s. 495-506.
- Dedju I., 1980. Amphipods of fresh and salt water of the south-west part of USSR. Shtüntsa Publishes, Kishinev, Moldavia, Russia, s. 220.
- Dehus P., Phillipson S., Bohl E., Oidtman B., Keller M., Lechleiter S., 1999. German conservation strategies for native crayfish species with regard to alien species. *Crayfish in Europe as alien species How to make the best of the bad situation?* s. 149-153.
- Devin S., Piscart C., Beisel J. N., Moreteau J. C., 2003. Ecological traits of the invader *Dikerogammarus villosus* on a mesohabitat scale. *Archiv für Hydrobiologie* 158 (1). s. 43-56.
- Devin S., Piscart C., Beisel J. N., Moreteau J. C., 2004. Life history traits of the amphipod invader *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda) in the Moselle River, France. *International Review of Hydrobiology* 89, s. 21-34.
- Dick J. T. A., Platvoet D., 2000. Invading predatory crustacean *Dikerogammarus villosus* eliminates both native and exotic species. *Proceedings of the Royal Society of London* 267, s. 977-983.
- Dick J. T. A., Platvoet D., 2001. Predicting future aquatic invaders; the case of *Dikerogammarus villosus*. *Aquatic Nuisance Species Digest* 4 (3), s. 25-27.
- Dick J. T. A., Platvoet D., Kelly D. W., 2002. Predatory impact of the freshwater invader *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59, s. 1078-1084.
- Dubský K., Kouřil J., Šrámek V., 2003. *Obecné rybářství*. Informatorium, Praha, s. 280-281, 285.
- Ďuriš Z., Horká I., 2007. První nález invazního raka pruhovaného *Orconectes limosus* na území Moravy a Slezska. *Časopis Slezského Muzea, Opava (A)*, 56, s. 49-52.

- Ďuriš Z., Smutný M., 1998. Rozšíření raků na Zemi. *Bulletin VÚRH Vodňany*, 34, 3, s. 72-87.
- Franck D., 1996. Etologie. Karolinum, Praha, s.156.
- Fiskeriverket , 1993. Possibilities for increasing noble crayfish populations in Swedish waters. Information Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm, 2 (in Swedish)
- Füreder L., Pöckl M., 2007. Ecological traits of aquatic NIS invading Austrian freshwaters. In:Gherardi F., 2007. Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution and threats. Springer, the Netherlands, s. 233- 257.
- Goyert J. C., Avault J. W., 1978. Effects of container size on growth of crayfish (*Procambarus clarkii*) in a recirculating system. *Freshwater Crayfish* 4, s. 227-286.
- Grabow K., Eggers T. O., Martens A., 1998. *Dikerogammarus villosus* Sowinsky (Crustacea: Amphipoda) in norddeutschen Kanalen und Flüssen. *Lauterbornia* 33, s. 103-107.
- Grabowski M., Bacela K., Wat R., 2007. *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1984) (Crustacea: Amphipoda) colonizes next alpine lake – Lac du Bourget, France. *Aquatic Invasions* 2 (3), s. 268-271.
- Gydemo R., Westman L., 1993. Effects of starvation, konstant light and partial dactylotomy on survival of noble crayfish, *Astacus astacus* (L.), under high density laboratory conditions. *Freshwater Crayfish*, 9, s. 79-86.
- Hajer J., 1989. Americký druh raka v Labi. *Živa*, 37/75, 3, 125.
- Hajer J., 1994: Expanze raků druhu *Cambarus affinis* Say ve vodách České republiky. *Fauna Bohemiae septentrionalis*, 19, 123-128.
- Hamr P., 2002. *Orconectes*. Biology of Freshwater Crayfish. Holdich, D.M. (ed), 585-608. Blackwell Science Ltd., London.
- Hartman P., Přikryl I., Štědrovský E., 1998. Hydrobiologie. Informatorium, Praha, s. 151, 152, 274.
- Henttonen P., Huner J. V., 1999. The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction. Crayfish in Europe as alien species How to make the best of the bad situation? Gherardi F., Holdich D. M. (eds). A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, s. 13-22.
- Hobbs H. H., Jr., 1974. A Checklist of the North and Middle American Crayfishes (Decapoda: Astacidae and Cambaridae). *Smithson. Contrib. Zool.*, (166): iii, 1-161.

- Holdich D. M., 1987. The dangers of introducing alien animals with particular reference to crayfish. In: Goeldin de Tiefenau (ed.), *Freshwater crayfish*; Laussane, Mus. Zool. Cantonal. 7.s 15-30.
- Holdich D. M., 1988. The dangers of introducing alien animals with particular reference to crayfish. *Freshwater Crayfish*, 7, s. 15-30.
- Holdich D. M., Ackefors H., Gherardi F., 1999. Native and alien crayfish in Europe: Some conclusions. In: Gherardi F., Holdich D. M. (eds). *Crayfish in Europe an alien species. How to make the best from a bad situation?* A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, s. 281-292.
- Holdich D. M., 2002. *Background and Functional Morphology*. Biology of freshwater crayfish Holdich D. M. (ed.), 3-29. Blackwell Science Ltd., London.
- Holdich D. M., Haffner P., Noël P., Carral J., Föderer L., Gherardi F., Machino Y., Madec J., Pöckl M., Smietana 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), Publications Scientifiques du MNHN, Paris, s. 130-149
- Holdich D. M., Pöckl M., 2007. Invasive crustaceans in European inland waters. In:Gherardi F., 2007. *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution and threats*. Springer, the Nietherlands, s. 29-75.
- Hoříčko I., Linhartová Š., Holzer M., 2005. Třesín, římské vývěry a jejich fauna. *Ochrana přírody*, 60, 6. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Environs, s. 165-167.
- Chobot K., Štambergová M., Míkovcová A., 2008. Mapování ohrožených druhů bezobratlých. *Veronica XXII.*, č. 3, s. 23 – 24 .
- Chobot K., Štambergová M., 2009. Mapa rozšíření *Orconectes limosus* v ČR. *BioLib*(<http://biolib.cz/cz/taxonmap/id128/>).
- Ioffe T. I., Maximova L. P., 1968. Biologiya nekotorykh rakoobraznykh, perspektivnzkh dlya akklimatizatsii v vodokhranilischakh. *Izvestiya Gosudarstvennogo neuchno-issledovatelskogo instituta ozernogo i rechnogo rybnogo khoziaistva* 67, s. 87-104.
- Jazdzewski K., Konopacka A., Grabowski K., 2005. Native and alien Malacostracan Crustacea along the Polish Baltic Sea Coast in the twentieth century. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 34 (1), s. 175-193.
- Kanta J., 2007. Porovnání postembryonálního vývoje původních a nepůvodních druhů raků. Diplomová práce. Zemědělská fakulta JCU České Budějovice, České Budějovice, s.74.

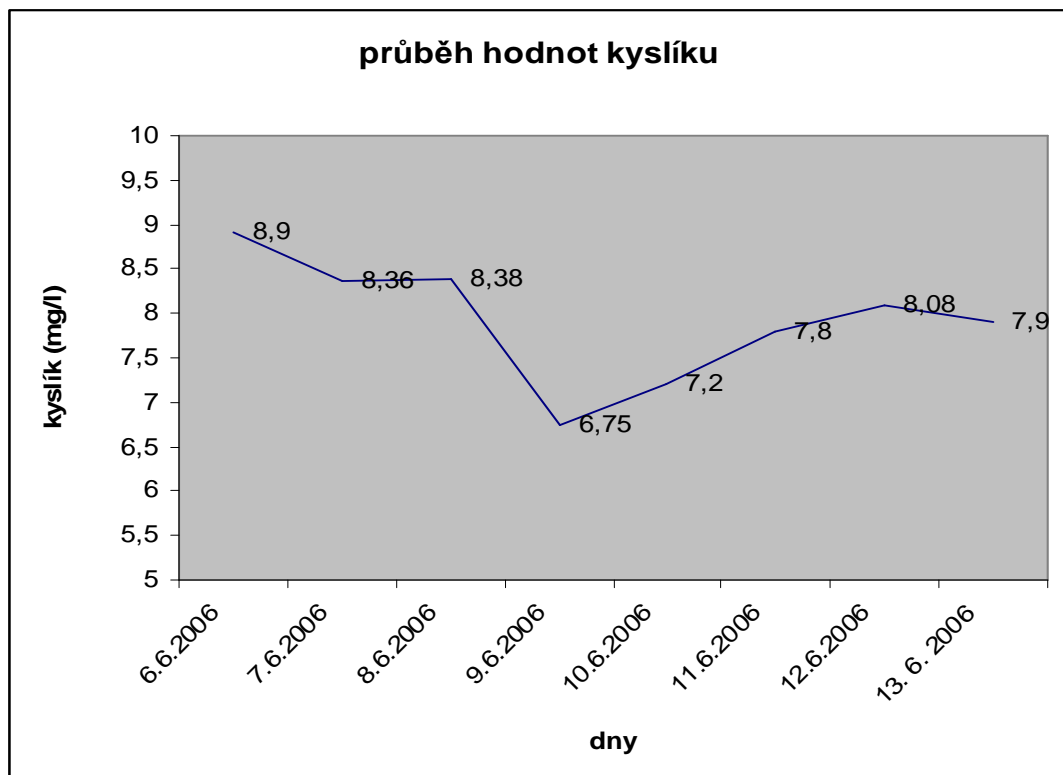
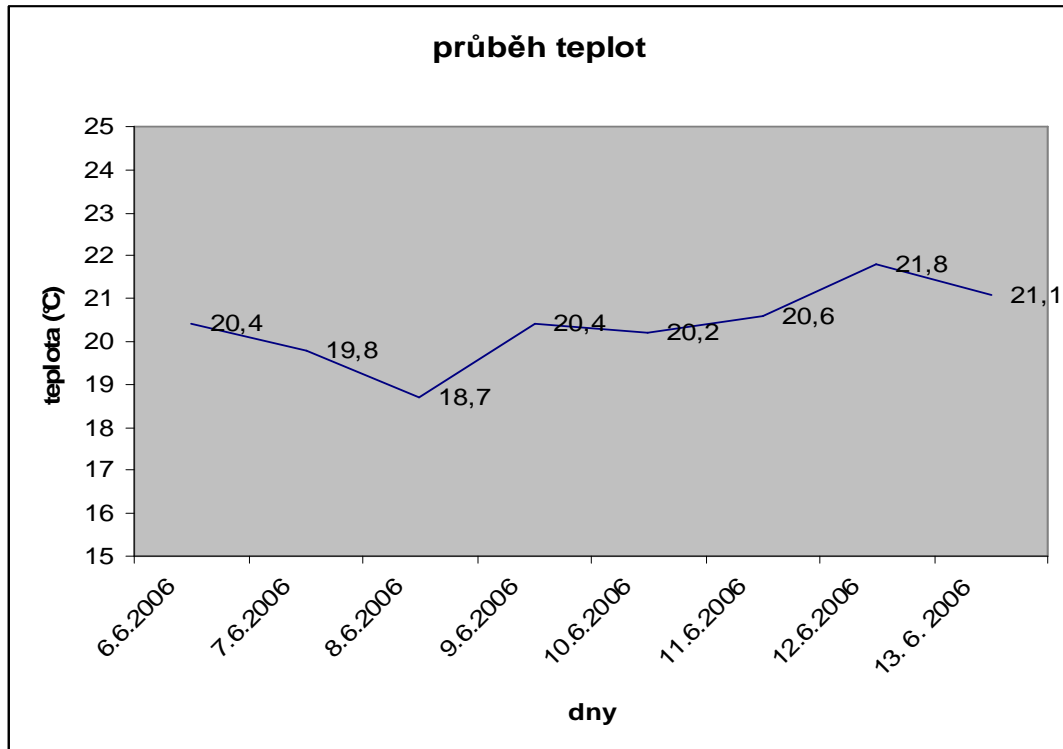
- Kratochvíl J., 1973. Použitá zoologie 1 – bezobratlí. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, s. 324-327, 306-310.
- Kolektiv autorů, 1899. Ottův slovník naučný, díl XIV. J. Otto, Praha, s. 904.
- Konopacka A., 2004. Inwazyjne skorupiaky obunogie (Crustacea: Amphipoda) w wodách Polski. *Przeład Zoologiczny* 48, s. 141-162.
- 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. *Bull. Fr. Peche Piscic*, 380-381, 1171-1182.
- Kozák P., Pokorný J., Polícar T., Kouřil J., 1998. Základní morfologické znaky k rozlišení raků v ČR, *Edice Metodik*, č. 56, s. 4, 5, 13-14.
- Krupauer V., 1968. Zlatý rak. Nakladatelství České Budějovice, České Budějovice, s. 21-23, 27, 30-34.
- Krupauer V., 1981. Raci. Pardubice, ČRS, s. 15, 28, 35.
- Lindquist O., Huner J. V., 1999. Life history characteristics of crayfish: What makes some of them good colonizers? Crayfish in Europe as alien species How to make the best of the bad situation? Gherardi F., Holdich D.M. (eds), 23-28. A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Losos B., Gulička J., Lellák J., Pelikán J., 1984. Ekologie živočichů. SPN, Praha, s. 155.
- Musil M., 2007. Sledování aktivity raka říčního (*Astacus astacus*) a raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) v laboratorních podmínkách. Diplomová práce. Zemědělská fakulta JCU České Budějovice, České Budějovice, s. 65.
- Musko I. B., 1993. The live history of *Dikerogammarus villosus* (Eichw.) (Crustacea: Amphipoda) living on macrophytes in Lake Balaton (Hungary). *Archiv Hydrobiologie*, 127, s. 227-238.
- Müller J. C., Schramm S., Seitz A., 2002. Genetic and morphological differentiation of *Dikerogammarus villosus* invaders and their invasion history in Central Europe. *Freshwater Biology* 47 (11), s. 2039-2048.
- Mürle U., Becker A., Rey D., 2003. Ein neuer Flohkrebs im Bodensee. <http://www.bodensee-ufer.de>.
- Mordukhai-Boltovskoi FD, 1960. Kaspiiskaya Fauna v Azovo-Chernomorskom bassejne. Izdatelstvo Akademii nauk USSR, Moskva, Leningrad.
- Nesemann H., Pöckl M., Wittmann M., 1995. Distribution of epigean Malacostraca in the middle and upper Danube (Hungary, Austria, Germany). *Miscellanea Zoologica Hungarica* 10, s. 49-68.

- Neveu A., 1997. Growth comparison of the different crayfish species in Brittany (France). French national programme on crayfish culture: synthesis of experimental studies. *L'Astaciculteur de France*, 51, s. 71-80.
- Nynström P., 1994. Survival of juvenile signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in relation to light intensity and density. *Nordic J. Freshwater Research*, 69, s. 162-166.
- Petrusek A., 2006. *Dikerogammarus villosus* (Sovinsky, 1894), blešivec velkohrbý. In: Mlíkovský J. and Stýblo P. (ed.), *Nepůvodní druhy fauny a flory České republiky*. ČSOP, Praha, s. 233 – 234.
- Petrusek A., Filipová L., Ďuriš Z., Horká I., Kozák P., Polícar T., Štambergová M., Kučera Z., 2006. Distribution of the invase spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in the Czech Republic, Past and Present. *Bull. Fr. Peche Piscic*, s. 380-381, 903-918.
- Pfeiffer P. (ed.) a prac. skupina „M“, 2005. Zpráva o jakosti vody v Labi 2000 - 2003. Mezinárodní komise pro ochranu Labe, Magdeburg, s. 35.
- Platvoet D., Dick J., Mac Neil C., 1998. If they can't meet you, they can't eat you. A habitat simulation grid experiment to test replacements, http://www.icaiss.org/pdf/21Tuesday/B/tues_b.l.pm/Dirk-Platvoet.pdf
- Polícar T., Kozák P., 2001. První zkušenosti s líhnoucím a odchovným aparátem určeným k produkci ráčat do III. vývojového stádia. *Bulletin VÚRH Vodňany*, 3, s. 101.
- Pöckl M., 2007. Strategies of a successful new invader in European fresh waters: fecundity and reproductive potential of the Ponto-Caspian amphipod *Dikerogammarus villosus* in the Austrian Danube, compared with the indigenous *Gammarus fossarum* and *G. roeseli*. *Freshwater Biology* 52, s. 50-63.
- Reynolds J. D., 2002. Growth and reproduction. In: Holdich D. M. (eds), *Biology of Freshwater Crayfish*, pp. 152-191, Blackwell Science Ltd., London.
- Roušar A., 1982. Zpráva o nálezu různonožců (Amphipoda) *Nipharagus tatrensis* Wrzesniowski, 1888 a *Nipharagus leopoliensis* molnari Mehely, 1927 ze Strážovské hornatiny. *Fauna Bohemiae Septentrionalis* 7, s. 145-150.
- Scribani A., 1913. *Racionelní rakašství*. Nakl. A. Reinwart, Praha, s. 16.
- Starcová B., 2003. Amphipoda povrchových tekoucích vod České republiky. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity, Brno, s. 105.
- Stucki T.P., 2002. Differences in live history of native and introduced crayfish species in Switzerland. *Freshwater crayfish*, 13, s. 463-476.

- Svobodová Z. a kol., 1987. Toxikologie vodních živočichů. SZN, Praha, s. 189-193.
- Špaček J., Koza V., Havlíček V., 2003. Isopoda, Amphipoda and Decapoda on monitoring profiles on Labe River in the Czech Republic. In: Bitušík P., Novík M., Proceedings of the 13th Conference of Slovak Limnological Society and Czech Limnological Society, Banská Štiavnica. June 2003. Acta Facultatis Ecologiae 10, 1, s. 109.
- Talbot J., 1985. Synthèse des connaissances actuelles sur les populations d'écrevisses du lac St Pierre et propositions sur la mise en valeur de leur exploitation commerciale. Special report. Direction Générale de la Faune, Service de Espèces d'Eau de Fraiche, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche.
- Tittizer T., 1996. Main-Danube canal now a short cut for fauna. Danaube Watch 2, s. 7-8.
- Tittizer T., Schöll F., Banning M., Haybach A., Schleuter M., 2000. Aquatische Neozoen im Makrozoobenthos der Binnenwasserstrassen Deutschlands. Lauterbornia 39. s. 1-72.
- Ullmann D., 1975. Hydrobiologie. VEB G. Fischer, Jena, s. 215.

8. Přílohy

Příloha 1; 2: Průběh teplot a hodnot kyslíku během individuálního odchovu II.:

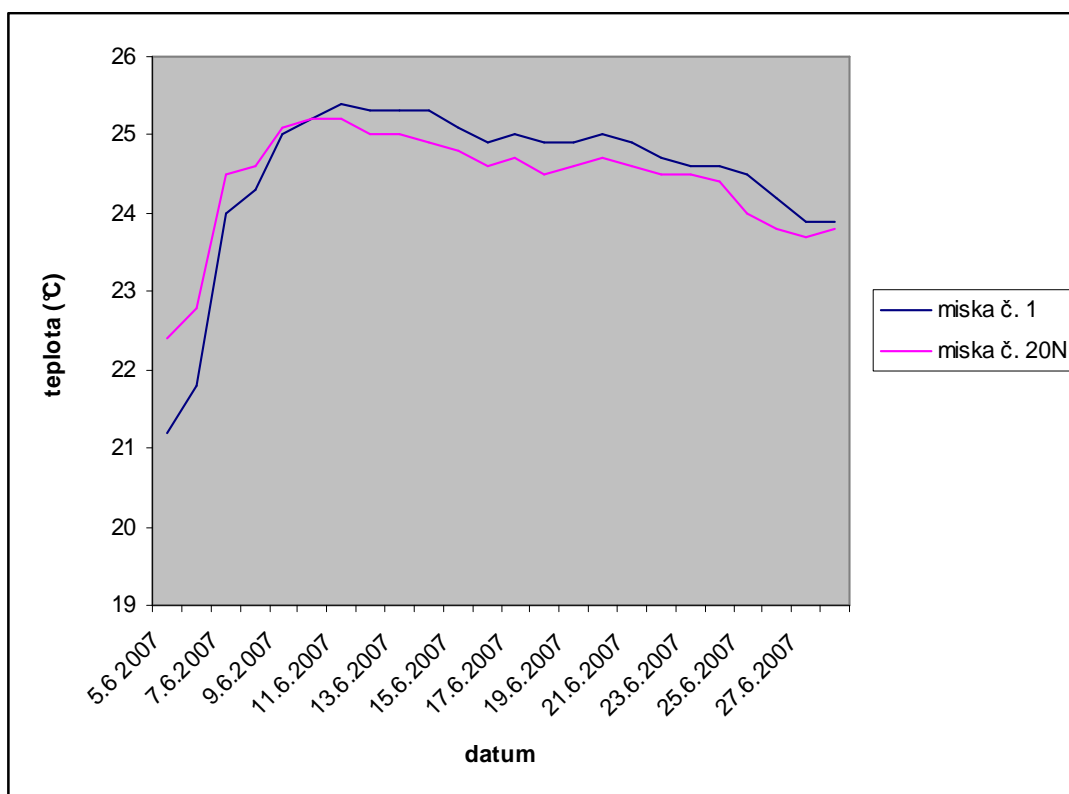


Příloha 3: Biometrická měření blešivce:

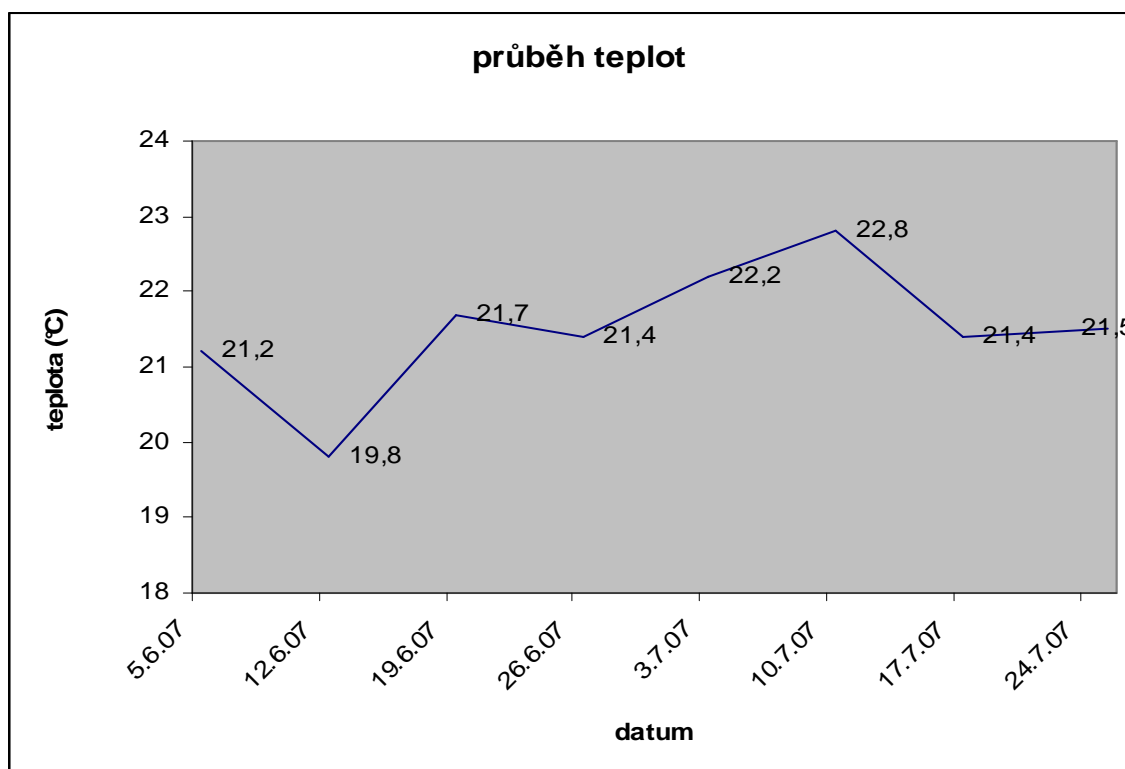
Jedinec	délka (bez narovnění) cm	homotnost g
1	1,5	0,059
2	1,2	0,012
3	0,7	0,028
4	1,4	0,079
5	0,7	0,034
6	1,2	0,046
7	0,9	0,027
8	1,6	0,087
9	0,5	0,011
10	1,1	0,041
11	1,0	0,018
12	0,6	0,006
13	0,5	0,007
14	1,0	0,010
15	1,6	0,024
16	1,3	0,028
17	1,2	0,007
18	0,8	0,025
19	0,4	0,004
20	1,2	0,003
21	1,2	0,010
22	0,6	0,051
23	0,4	0,049
24	0,9	0,031
25	0,7	0,080
26	1,1	0,087
27	0,6	0,071
28	0,8	0,041
29	0,5	0,067

30	1,0	0,024
31	0,9	0,050
32	1,2	0,030
33	0,6	0,059
34	0,4	0,072
35	0,7	0,058
36	1,3	0,016
37	1,0	0,045
38	0,6	0,068
39	0,7	0,053
40	0,8	0,052
41	0,7	0,055
42	0,6	0,050
43	0,7	0,062
44	1,4	0,010
45	1,0	0,049
46	1,1	0,037
47	1,0	0,036
48	0,6	0,046
49	0,3	0,083
50	0,4	0,087

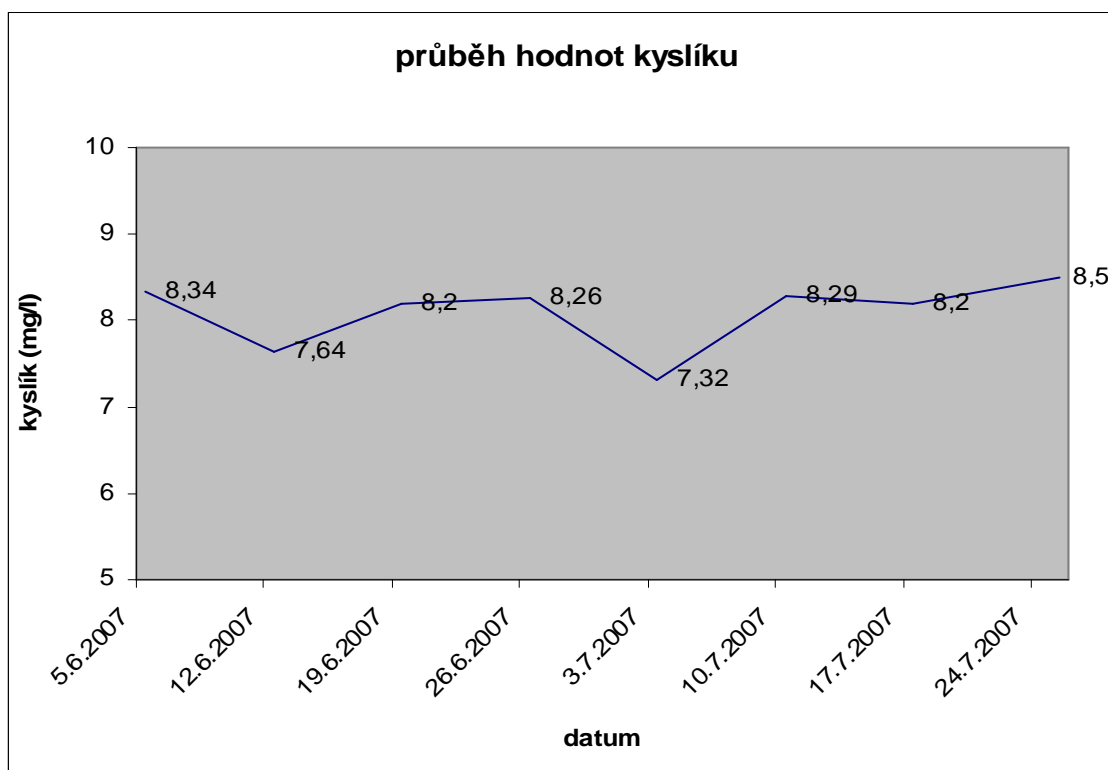
Příloha 4: Průběhy teplot během individuálního odchovu III. v miskách č. 1, 20N.



Příloha 5: Průběh teploty při skupinovém odchovu.



Příloha 6: Průběh hodnot kyslíku při skupinovém odchovu.



Příloha 7: Příklad formuláře použitého pro zápis skupinového odchovu.

T 21,7
 & 82

Přelovení - Dikergammarus vs. Orconectes

datum: 19.6.07

akv. obsádka	sloveno						přežití		dosazení		Pozn.
	Dikergammarus			Orconectes			Dikerg.	Orconec.	Dikergammarus	Orconectes	
	ks	biomasa	ks	biomasa	ks	biomasa	%	%	ks	biomasa	
1	R _k				28	2,3					
2	R+B _k	13	0,09	13	1,25						polovina vchycen středů (5)
3	B _k	9	1,67								pol-vakuo - u
4	R _N			20	1,62						metabole vchycen st. (4)
5	R+B _N	5	1,14								
6	B _N	11	1,62								
7	R _k	9	0,94	27	2,03						
8	R+B _k	9	0,94	10	0,83						metabole ještě ve zvěčelice v 5
9	B _k	9	0,74								
10	R _N			20	0,64						1 sučezne
11	R+B _N	9	0,93	34	0,35						pozne metabole po sul.
12	B _N	15	1,38								sučezny blaž-
13	R _k			23	2,26						
14	R+B _k	6	0,91	11	0,90						polovina sul. pohybu (3)
15	B _k	6	0,97								částka malá (3-5)
16	R _N			16	0,49						2 sučezny, do 4
17	R+B _N	11	0,74	10	0,43						
18	B _N	13	1,18								1 sučezny

celková biomasa v akváriích	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18