

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2007

Martin Musil

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

KATEDRA RYBÁŘSTVÍ A MYSLIVOSTI



**SLEDOVÁNÍ AKTIVITY RAKA ŘÍČNÍHO (*Astacus astacus*) A
RAKA PRUHOVANÉHO (*Orconectes limosus*)
V LABORATORNÍCH PODMÍNKÁCH**

Diplomová práce

Vypracoval:

Martin Musil

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Kozák, Ph.D.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: Martin Musil

Studijní program: 4101 T Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Rybářství

Název tématu: Sledování aktivity raka říčního (*Astacus astacus*) a raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) v laboratorních podmínkách.

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

(v zásadách pro vypracování uveďte cíl práce a metodický postup)

Na území ČR se v současné době vyskytuje v přírodních podmínkách 5 druhů raků. Z toho jsou dva druhy původní, a to rak říční *Astacus astacus* (L.) a rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schr.). Dalším druhem je rak bahenní *Astacus leptodactylus* Esch., který byl na naše území dovezen na přelomu 19. a 20. století. Další 2 druhy jsou raci původem ze Severní Ameriky a jsou to rak signální *Pacifastacus leniusculus* (D.) a rak pruhovaný *Orconectes limosus* Raf.

Aktivita raků je nejvíce ovlivňována teplotou, světelnými podmínkami, nabídkou potravy a přítomností predátorů. Raci jsou všeobecně považováni za živočichy s převážně noční aktivitou. Laboratorní experimenty ukázaly, že se pohybová aktivita zvyšuje s teplotou vody a rozdíly v pohybové aktivitě mezi pohlavími byly nalezeny speciálně při nízkých teplotách. Někteří autoři poukazují na to, že americké druhy jsou více aktivní ve dne než evropské. Rychlá kolonizace nových lokalit invazními americkými raky je přisuzována jejich vyšší plodnosti, dřívější pohlavní dospělosti, odolnosti vůči nepříznivým podmínkám prostředí a nemocím a větší agresivitě.

Cílem této práce bude porovnání aktivity raků v závislosti na vnějším prostředí. Studován bude rozdíl v denní a noční aktivitě u raka říčního a pruhovaného. Dále bude pozornost věnována rozdílu reakcí na různé druhy rybích predátorů. Práce bude probíhat z větší části v etologické laboratoři VÚRH JU s využitím videotechniky.

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 a to v nezkrácené podobě fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce Ing. P. Kozákovi Ph.D. za odborné vedení práce a pomoc při organizaci a vyhodnocování pokusů, konzultantovi Ing. T. Polícarovi Ph.D. a všem zaměstnancům Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech za jejich pomoc v průběhu pokusů.

Obsah:

1. Úvod	6
2. Literární přehled	7
2.1 Situace a systematika raků v ČR.....	7
2.2 Popis raka říčního.....	8
2.3 Popis raka pruhovaného.....	11
2.4 Aktivita raků v závislosti na vnitřních a vnějších vlivech.....	13
2.4.1 Aktivita raků v závislosti na vnitřních a vnějších vlivech.....	13
2.4.2 Schopnost migrace.....	16
2.4.3 Výběh stanoviště s ohledem na aktivitu a toleranci k prostředí.....	20
2.4.4 Používání úkrytů.....	22
2.4.5 Zápasy, kompetice a koexistence.....	24
2.4.5.1 Kdo je vítěz?.....	24
2.4.5.2 Proč raci zápasí?.....	26
2.4.5.3 Intraspecifická kompetice a koexistence.....	27
2.4.5.3.1 Problematika raka pruhovaného.....	30
2.4.6 Rybí predátoři.....	33
3. Materiál a metodika	35
3.1 Výzkumný materiál.....	35
3.2 Počty nasazených raků a ryb do experimentální nádrže.....	35
3.2.1 Porovnání aktivity raka říčního a raka pruhovaného.....	35
3.2.2 Reakce na rybí predátory.....	35
3.2.3 Mezidruhové interakce.....	35
3.3 Evidence, ošetření a značkování raků.....	36
3.4 Vybavení laboratoře.....	36
3.4.1 Uspořádání experimentální nádrže.....	36
3.4.2 Osvětlení a řízení režimu „den“ a „noc“.....	36
3.4.3 Uspořádání videotechniky.....	37
3.5 Postup při sledování a hodnocení experimentu.....	37
3.6 Provedené experimenty a hodnocení.....	38
3.7 Výhody a nevýhody zvolené metodiky.....	39
4. Výsledky	40
4.1 Porovnání aktivity raka říčního a raka pruhovaného.....	40

4.2 Reakce na rybí predátory.....	43
4.3 Mezdruhové interakce.....	48
4.4 Rozdíly individuální a rozdíly dle pohlaví.....	51
4.5 Vnitrodruhové interakce.....	55
5. Diskuze.....	58
5.1 Podmínky v experimentální nádrži.....	58
5.2 Porovnání aktivity raka říčního a raka pruhovaného.....	59
5.3 Reakce na rybí predátory.....	60
5.4 Mezdruhové interakce.....	63
5.5 Rozdíly individuální a rozdíly dle pohlaví.....	64
5.6 Vnitrodruhové interakce.....	65
6. Závěr.....	67
7. Summary.....	69
8. Seznam použité literatury.....	70
9. Příloha.....	79
9.1 Tabulky biometrických ukazatelů.....	79
9.2 Tabulky a grafy aktivity a agresivity v jednotlivých variantách.....	81
9.3 Tabulky výsledků statistických analýz.....	97
9.3.1 Příloha ke kapitole 4.1.....	97
9.3.2 Příloha ke kapitole 4.2.....	100
9.3.3 Příloha ke kapitole 4.3.....	104
9.3.4 Příloha ke kapitole 4.4.....	106
9.3.5 Příloha ke kapitole 4.5.....	108
9.4 Fotodokumentace.....	109

1. Úvod

Během minulého století se v naší fauně objevily dva nové druhy severoamerických raků: rak signální *Pacifastacus leniusculus* (D.) a rak pruhovaný *Orconectes limosus* Raf., kteří díky svým ekologickým a reprodukčním charakteristikám začali úspěšně kolonizovat nové lokality na našem území. Svou úspěšnou invazivní schopností vytlačují naše kriticky ohrožené druhy: raka říčního *Astacus astacus* (L.) a raka kamenáče *Austropotamobius torrentium* (Schr.) a zdomácnělého, ohroženého raka bahenního *Astacus leptodactylus* Esch., který byl na naše území dovezen na přelomu 19 a 20 století ze sousedního Polska.

Rychlá kolonizace nových lokalit invazními americkými raky je přisuzována jejich vyšší plodnosti, dřívější pohlavní dospělosti, odolnosti vůči nepříznivým podmínkám prostředí a nemocem a větší agresivitě. Největším problémem je jejich schopnost přenášet račí mor a být proti němu zároveň imunní. Jejich kontakt s populacemi našich domácích druhů může mít za následek jejich totální úhyn.

Tato studie je zaměřena na dva druhy raků: původního raka říčního a invazního raka pruhovaného. Rak pruhovaný dokáže významně konkurovat našim domácím druhům a stal se již hrozbou v celoevropském měřítku. Cílem této práce je porovnání aktivity raků v závislosti na vnějším prostředí. Studován je dále rozdíl v denní a noční aktivitě raka říčního a raka pruhovaného. Někteří autoři poukazují na to, že americké druhy jsou více aktivní ve dne než evropské. Dále je věnována pozornost rozdílu reakcí na různé druhy rybích predátorů a rozdílu v aktivitě obou druhů po sesazení do polykulturní obsádky. Dalším dílčím cílem je studium rozdílů v agresivitě obou druhů. Práce probíhala z větší části v etologické laboratoři VÚRH JU s využitím videotechniky.

Výsledky této práce mají za cíl lepší vědecké poznání obou druhů a kontrastů mezi nimi z etologického hlediska. Pomůže porozumět, do jaké míry se na úspěchu raka pruhovaného vůči raku říčnímu podílí jeho aktivita a agresivita. Studie může v budoucnu sloužit jako podklad pro další práce zaměřené na porozumění oběma druhům a přiblížit se odpovědím na mnohé nevyřešené otázky kolem invazních druhů a ochraně našich původních druhů raků.

2. Literární přehled

2.1 Situace a systematika raků v ČR

Na území ČR se v současné době vyskytuje v přírodních podmínkách pět druhů raků. Z toho jsou dva druhy původní, a to rak říční (*Astacus astacus* L.) a rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium* Schr.). Třetím druhem je rak bahenní (*Astacus leptodactylus* Esch.), který byl na naše území vysazen na konci 19. století z Polska jako náhrada za raka říčního, jehož populace byly zdecimovány račím morem. Další dva druhy raků signální (*Pacifastacus leniusculus* D.) a rak pruhovaný (*Orconectes limosus* Raf.) pocházejí ze severní Ameriky (Kozák a Polícar, 2000). Rak signální k nám byl importován v roce 1980 ze Švédska za účelem produkce tržních raků a vysazen na několik lokalit na Moravě. Postupem času byl záměrně rozšířen na více lokalit ČR. Rak pruhovaný se na naše území rozšířil zřejmě přirozenou cestou po řece Labi z Německa (Petrušek *et al.*, 2005), kam byl neuváženě importován a rozšiřován v průběhu tohoto, ale již i minulého století. Dnes se tento druh raka u nás vyskytuje a masivně se šíří na řece Labi, některých jeho přítocích a dále již byl zjištěn i na řece Vltavě, kam se dostal buď přirozenou cestou nebo neodborným vysazením (Kozák *et al.*, 1998).

V budoucnu existuje možnost, že se v naší přírodě setkáme ještě s jedním druhem raka. Jedná se o teplomilný druh *Procambarus clarkii* (G.), česky nazývaný rak červený původem také z Ameriky. Tento rak byl v roce 1973 dovezen do Španělska. Ač se jedná o teplomilný druh raka, je schopen přežívat a rozmnožovat se i v našich klimatických podmínkách. Tento druh raka již působí nemalé problémy v sousedním Německu díky své schopnosti vytvářet si dlouhé systémy nor (Holdich *et al.*, 2006). U nás se s ním můžeme setkat zatím jen u akvaristů.

Nebezpečí nepůvodních amerických druhů raků netkví jen ve vytlačení našich druhů raků, ale zvláště v jejich rezistenci vůči račímu moru. Americké druhy raků jsou vůči račímu moru rezistentní, ale jsou jeho přenašeči. Při kontaktu populace našich druhů raků s raky nepůvodními, infikovanými račím morem může dojít k totálnímu úhynu domácích populací (Holdich a Gherardi, 1999; Kozák *et al.*, 1998).

Schéma 1.: Systematické zařazení raků žijících v ČR (Kozák et al., 1998)

<u>Kmen:</u>	Arthropoda	Členovci
<u>Podkmen:</u>	Crustacea	Korýši
<u>Třída:</u>	Malacostraca	Rakovci
<u>Řád:</u>	Decapoda	Desetinožci

<u>Čeleď:</u>	<u>Podčeleď:</u>	<u>Rod:</u>	<u>Druh:</u>
Cambaridae	Cambarinae	<i>Orconectes</i>	<i>O. limosus</i> Raf. (rak pruhovaný)
	Astacidae	Pacifastacinae	<i>Pacifastacus</i> <i>P. leniusculus</i> (D.) (rak signální)
	Astacinae	<i>Astacus</i>	<i>A. astacus</i> (L.) (rak říční)
		<i>Austropotamobius</i>	<i>A. torrentium</i> (Schr.) (rak kamenáč)

2.2 Popis raka říčního

Rak říční je jedním ze dvou u nás původních a tří u nás zákonem chráněných druhů raků. V současnosti je řazen mezi kriticky ohrožené druhy prováděcí vyhláškou 395/92 k zákonu 114/92 Sb.

Rak říční je zřídka delší než 150 mm celkové délky, tj. od rostra po telson, ale byly popsáni i jedinci dlouzí 170 mm o hmotnosti 270 g (Westman *et al.*, 1992). Rak říční je obvykle tmavě hnědý na dorsální straně, a olivově hnědý na ventrální straně (Skurdal a Taugbøl 2002), ale objevují i se blankytně až ocelově modré exempláře následkem pigmentového posunu (Hager, 1996). Povrch krunýře je hladký a bez ostnů, ale s malými zrnitými bulkami na stranách. Má dva páry postorbitálních lišt před týlní (cervikální) rýhou. Rostrum je zploštělé a špičaté se dvěma rýhami téměř u báze; hladké strany se rozšiřují v

přední část krunýře. Vrchol je velmi špičatý a nápadný. Řada ostnů na povrchu špičky dodává pilovitý zjev v pohledu ze strany. Zadní část hlavohrudi je širší než delší (tvar čtverce) Klepeta jsou široká se silným základem, červenohnědá na ventrální straně; dorzální strana je hrbolatá. Vnější okraj nepohyblivého prstu klepate je kulatý a uprostřed vnitřního okraje je půlkruhový důlek se dvěma kuželovými bulkami. Na pohyblivém prstu je také hrbol a klouby na ventrální straně jsou jasně červené (Holzer, 2000; Krupauer, 1968; Kozák a Policar, 2000; Pöckl *et al.*, 2006; Skurdal a Taugbøl 2002). Merus třetího páru čelistních nožek (maxilliped) má jeden nebo dva vyvinuté ostny na ohybu. První pár samčích gonopodů má asymetrické tubulární zakončení, jeho vnitřek má tvar žlábků. Okraje abdominálních (epipleurálních) částí jsou asymetrické a trnité. Telson je zakulacený (Skurdal a Taugbøl 2002).

Raci rodu *Astacus* jsou všežravci, žijí se vodní a litorální vegetací, bentickými bezobratlými a detritem (Hessen a Skurdal, 1986; Skurdal *et al.*, 1988; Köksal, 1988, Nyström *et al.*, 1999). Působí jako predátoři, herbivoři a detritovoři, ale jsou také důležitou kořistí pro mnoho organismů. Proto jsou raci často klíčové organismy v mnoha potravních řetězcích a mohou ovlivňovat jejich strukturu konzumací makrofyt, bezobratlých, perifytů a detritu (Nyström a Strand, 1996; Nyström, 1999; Nyström, 2002). Rak říční může významně redukovat vodní makrofyta (Abrahamsson, 1966).

Rak říční preferuje potoky, řeky a jezera s dobrou jakostí vody a dostatkem úkrytů. Tento druh je citlivý k znečištění a fyzickému poškození prostředí. Využití stanoviště rakem říčním je pravděpodobně určeno kombinací rizika predace (včetně kanibalismu), mezi a vnitrodruhové kompetice, teploty a dalších faktorů (Abrahamsson, 1966; Skurdal *et al.*, 1988). V našich podmínkách mu vyhovují méně hospodářsky využívané toky, rybníky a přehradny (Krupauer, 1980). Optimální je biotop s přirozenou okolní vegetací (Dyk, 1977). Velmi vhodné jsou pro život raka říčního říční toky či nádrže, které mají pevné písčito kamenité dno a břehy či hráze obložené kameny, které slouží rakům jako úkryt (Troschel, 1997), naopak se vyhýbá silně zabahněnému dnu jako stanovišti, využívá ho však jako území pro sběr potravy (Krupauer, 1980, Kozák *et al.*, 1998).

Rak říční je poměrně odolný vůči organickému zatížení avšak reaguje citlivě na chemické znečištění z průmyslu a zemědělství. Optimální letní teplota vody je 17 – 21°C (Svobodová *et al.*, 1987). Teplota vody dlouhodobě nad 25°C se stává pro raka říčního letální (Hager, 1996). Ale i výskyt raka říčního je omezen nízkou teplotou. Nižší růst a potravní aktivitu způsobuje teplota pod 10 – 8°C (Krupauer, 1980). K jeho úspěšné reprodukci je nutné aby teplota vody dosahovala alespoň 3 měsíce nad 15°C (Abrahamsson, 1971). Optimální

hodnoty pH se pohybují v rozmezí 7 - 8,5 a obsah rozpuštěného kyslíku by neměl v letním období klesnout pod 7 mg.l⁻¹ (Svobodová *et al.*, 1987).

Rak říční se v našich klimatických podmínkách páří od října do prosince, sameček raka říčního dokáže oplodnit 2 – 4 samičky (Krupauer, 1968). Při páření samec vkládá bílý spermatorfor na sternum samičky mezi 2. a 4. pár kráčivých končetin. Ze slizových žláz (glair glands) je vylučována slizovitá kapalina do dutiny vytvořené zastrčením zadní části zadečku pod přední krátce před kladením vajíček. Vajíčka vycházející gonopory z vejcovodu se smísí s tuto sekrecí. Díky rytmickým pohybům pleopodů přijde směs na samičím břiše do styku se spermatorfory, rozpustí jejich obal a uvolní se spermie (Skurdal a Taugbøl, 2002).

U samičky raka říčního se potenciální, ovariální plodnost různí od 113 až 213 oocytů. Skutečná, pleopodální plodnost se může měnit od 87 do 154 vajíček (Taugbøl *et al.*, 1988).

Inkubační doba je u raků obecně velmi dlouhá (až 8 měsíců u severních populací). U raka říčního byl počet denních stupňů v experimentálních podmínkách redukován z 1900 až na 1300 (Cukerzis *et al.*, 1979 ; Hessen *et al.*, 1987). Vajíčka jsou nesena a chráněna samičkou, která pohyby pleopodů přivádí k vajíčkům stále „čerstvou“ vodu. Ráčata se líhnou následující léto (Skurdal a Taugbøl 2002). Ráčata zůstávají přichycena na pleopodech až do 2. vývojového stádia, kdy si postupně navykají na samostatný život (Abrahamsson, 1972; Pursiainen a Erkamo, 1991; Westman, 2000). Samička chrání své mladé do 10 dnů po jejich 1. svlékání. Naproti tomu samice bez mladých nemají mateřský instinkt a mohou požírat nejmladší vývojová stádia ostatních samic (Savolainen *et al.*, 1996). Rak říční pohlavně dospívá ve 3. – 5. roce (Abrahamsson, 1966).

Životní cyklus raka se vyvíjí přes sérii svlékání, mezi nimiž se zvětšuje velikost jejich těla (Abrahamsson, 1966, 1972). Ráčata raka říčního se v prvním roce života svlékají celkem šestkrát (Ackefors *et al.*, 1995) či osmkrát (Skurdal a Taugbøl, 1994) v závislosti na teplotě a potravní situaci. Počet svlékání klesá se stoupajícím věkem; adultní jedinci se svlékají jednou nebo dvakrát za rok. První perioda svlékání adultních samečků nastává na jaře, nebo brzy létě, v závislosti na klimatu, kdy samičky nosí vajíčka nebo líhnou mlád'ata. Druhá perioda svlékání nastává na konci léta nebo v brzkém podzimu, kdy samičky také mění krunyř (Skurdal a Taugbøl 2002).

Rak říční je vzhledem k ostatním druhům poměrně dlouhověký, může dosahovat stáří více než 15 let (Holdich *et al.*, 2006).

2.3 Popis raka pruhovaného

Jak uvádí Hamr (2002), druhy rodu *Orconectes* nezahrnují jen invazní druhy jako *Orconectes limosus* a *Orconectes rusticus*, jenž bereme v úvahu jako vážné škůdce v mnoha oblastech Severní Ameriky a Evropy, ale také ohrožené a vzácné druhy, tak jako *Orconectes marchandii* a *Orconectes bisectus*. Některé z obecně rozšířených druhů rostou poměrně rychle a dosahují větší velikosti dostačující ke komerčnímu zájmu, jako např. *O. rusticus*, *O. virilis*, *O. limosus*, *O. nais* a *O. immunis*, a i proto si zasluhují pozornost.

Rak pruhovaný je odolný, agresivní rak pomalu tekoucích a stojatých vod (Henttonen a Huner, 1999). Je středně velký s velikostí do 100 mm a hmotností okolo 35 - 40 gramů, ale většinou se jeho velikost zarazí už pod 15 gramy (Henttonen a Huner, 1999; Kozák *et al.*, 1998; Hamr, 2002). Ačkoli je rak pruhovaný relativně malého věku, Holdich a Lowery (1988) uvádějí, že dospělý rak pruhovaný dosahuje velikosti okolo 50 mm délky hlavohruď.

Rak pruhovaný má nápadné boční trny na hlavohruď před týlní rýhou a těsně za ní. Základní barvou těla je hnědá s charakteristickými tmavě hnědými pruhy na zadečkových člancích. Zespoda je barva těla světle žlutá. Klepeta jsou malá, hladká, obrvená a pokrytá malými jamkami (uspořádanými do souběžných řad v blízkosti špičky). Klepeta jsou zbarvena shora hnědě s nevýrazným kloubem a zespoda žluto - hnědě. Na hlavohruď se nachází jen jeden pár postorbitálních lišt. Rostrum je dlouhé, ostré a na bázi jeho zúžení se nachází dva ostré trny (Kozák *et al.*, 1998; Hamr, 2002). Dalším velmi dobrým rozpoznávacím znakem je hákovitý výčnělek u samců na 3. páru kráčivých nohou a u samic schránka (*annulus ventralis*) mezi 4. a 5. párem kráčivých nohou, která se při páření plní spermatofofy (Kozák *et al.*, 1998; Pöckl *et al.*, 2006).

Stejně jako rak říční, i rak pruhovaný přijímá potravu převážně v noci, zpravidla mezi 23. až 3. hodinou (Kossakowski a Orzechowski, 1975). Rak pruhovaný je všežravec, který se živí rostlinami, řasami, bezobratlými, rybami, ale také živočišnými a rostlinnými zbytky. Ožíráním makrovegetace a predací na bentických býložravých bezobratlých může nepřímo měnit prostředí ostatních organismů (Nyström, 1999). To, že rakovi pruhovanému rostliny slouží v první řadě jako úkryt a ne jako potrava, je dosti viditelné na pokusech s výživou, kde raci i na zarostlých plochách málo přijímali rostlinnou potravu (Pieplow, 1938).

Obecně se dá říct, že rak pruhovaný obývá přednostně mělké oblasti u břehů (Pieplow, 1938), preferuje spíše měkká dna s vrstvou sedimentů (Petrušek *et al.*, 2005), bahnitá dna velkých, širokých, mírně proudících řek a jezera s abundancí vodní vegetace (Talbot, 1985).

Dobře se adaptuje pro život v trvale tekoucích i stojatých vodách (Henttonen a Huner, 1999). V Německu se nevyskytuje ve velkých nadmořských výškách a v malých potocích a potůčcích, což pro tento druh zřejmě není vhodné prostředí (Dehus *et al.*, 1999). V New Brunswicku (Kanada) se nicméně nachází v tocích charakterizovaných mírným prouděním a substrátem skládajícím se z písku a malých kamenů (McAlpine *et al.*, 1991). Dle Pieplowa (1938) preferuje dvě oblasti: zónu s ponořenými rostlinami a kamenné sutě.

V kontrastu s původními evropskými druhy je severoamerický rak pruhovaný tolerantní k různým extrémním podmínkám prostředí, hlavně výkyvům teploty a malému obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě (Huner a Lindquist, 1995; Payne, 1997). Je tolerantní k organicky zatíženým vodám a hlavně ke znečištění (Kossakowski a Orzechowski, 1975; Dehus *et al.*, 1999) a navíc se lépe vyrovnává s výraznými změnami prostředí (Lindquist a Huner, 1999). Teploty okolo 20°C a více jsou pro něho optimální. Rak pruhovaný je aktivní i přes den (Kozák *et al.*, 1998).

U raka pruhovaného dochází ke kopulaci, stejně jako u ostatních druhů raků, na podzim (Brink *et al.*, 1988; Hager, 1996). Bylo u něj však opakovaně pozorováno i druhé, jarní období kopulace (Ulikowski a Borkowska, 1999; Chybowski a Juchno, 2002; Hamr, 2002; Stucki, 2002). U raků obecně probíhá vnější oplodnění. Během páření jsou spermatofoxy umístěny samcem buď na ventrální (spodní) stranu samice nebo u čeledi *Cambaridae* (kam rak pruhovaný náleží) do tzv. *annulus ventralis* (Vogt, 2002). V *annulus ventralis* samice přechovává spermatofoxy až do kladení vajíček na jaře (Hamr, 2002).

Údaje o plodnosti se dle autorů různí. Potenciální (ovariální) plodnost udávají v průměru od 130 do 440 (Stypińska, 1973; Kozák a Policar in press; Buřič, 2006) a skutečnou (pleopodální) plodnost udávají v průměru od 218 do 400 (Holdich a Lowery, 1988; Momot, 1988; Stucki, 2002; Hamr, 2002; Buřič, 2006).

Inkubační doba vajíček raka pruhovaného je mnohem kratší než u evropských druhů. Hamr (2002) uvádí inkubační dobu mezi 49 - 55 dny, Buřič (2006) mezi 39 – 57 dny a průměrně 647d°. Krátká inkubační doba je způsobena tím, že samičky raka pruhovaného kladou vajíčka až v jarním období (Stucki, 2002). Inkubační doba je také ovlivněna teplotou vody (Mason, 1977).

Juvenilové raka pruhovaného se líhnou na konci května a v červnu, jako u evropských druhů a raka signálního (Hamr, 2002). První vývojové stádium je u raka říčního i raka pruhovaného nesamostatné, pevně spojené se samicí, využívající k výživě pouze žlutkový váček. Ráčata raka pruhovaného se ale osamostatňují a začínají přijímat potravu až ve 3. vývojovém stádiu, na rozdíl od raka říčního, kde k tomu dochází ve 2. vývojovém stádiu

(Reynolds, 2002; Muck *et al.*, 2002; Andrews, 1907). Na rozdíl od našich druhů raků roste rak pruhovaný rychleji a velice brzy pohlavně dospívá (Neveu, 1997). Talbot (1985) uvádí dosažení dospělosti u raka pruhovaného v 15 - 16 měsících. Kopulovat mohou jedinci již ve stáří 5 – 6 měsíců (Hager, 1996)

Raci všech druhů vyskytujících se v ČR včetně raka pruhovaného se svlékají během teplejší periody roku s dvěma hlavními vrcholy: v květnu - červnu a srpnu - září. Raci, svlékající se na jaře se rozdělují do dvou skupin. Samci a samice, které se v poslední reprodukční periodě nerozmnožovali se svlékají v květnu, kdežto samice nosící vajíčka se svlékají v červnu – červenci poté, co se juvenilové vylíhnou a osamostatní. Svlékání juvenilů a nedospělých raků se odehrává též v létě (Stucki, 2002).

Maximální délka života raka pruhovaného se uvádí 4 roky při maximální délce hlavohrudi 61 mm (Kossakowski a Orzechowski, 1975; Brink *et al.*, 1988; Momot, 1988).

2.4 Aktivita raků v závislosti na vnitřních a vnějších vlivech

2.4.1 Denní a noční aktivita raků

Hamrin (1987) uvádí zvyšující se aktivitu raků s teplotou a délkou noci. Nejvyšší aktivitu uvádí během soumraku a svítání. V létě je noční aktivita vyšší než denní v zimě je vyšší denní aktivita. Vyšší denní aktivitu během zimního období uvádějí také Westin a Gydemo (1988), přičemž se denní aktivita raků zvyšovala s nedostatkem úkrytů. Nyström a Granéli (1996) zjistili vyšší denní aktivitu u nekrmených raků než u krmených. V Přírodních podmínkách jsou raci aktivní a shánějí se po potravě během nočních hodin s vrcholem při soumraku. Během denních hodin jsou raci v úkrytu (Westman, 1973).

Rak říční je považován mnoha autory za tvora nočního (Kostomarov, 1951; Abrahamsson, 1983), až světloplachého, který se vyhýbá prosluněným úsekům (Scribani, 1903). Stucki (2002) uvádí, že aktivní perioda populací raka říčního, ale i pro u nás se vyskytující raka kamenáče, raka bahenního a raka signálního začíná v dubnu/květnu a končí po období páření v listopadu. Všechny čtyři druhy byli aktivní pouze během noci. Aktivita byla velmi nízká mezi listopadem/prosincem a dubnem/květnem, kdy se raci dali nalézt pouze ve svých úkrytech. V populacích raka říčního se ojediněle adultní samci o celkové délce větší než 12 cm vyskytovali stále mimo úkryty, též v zimě a během denních hodin. Samci se zdržují v těchto oblastech pod podmínkou alespoň malého bezpečí, např. mezi trsy mechu

Fontinalis a nebo podél struktur v sedimentu a neputují po okolí. Jejich přítomnost mimo skutečné úkryty může být vysvětlena nedostatkem vhodných úkrytových možností v nádrži pro tuto velikostní skupinu raků. Cukerzis (1988) zjistil, že u raka říčního aktivita začala po západu slunce a skončila před východem sluncem. Podobně, ve studiích in situ u raka říčního, Bojsen *et al.* (1998) pozorovali, že nejaktivnější perioda, co se týče srdeční frekvence a motorické činnosti byla za tmy. Lozan (2000) ve své srovnávací studii zjistil, že americké druhy jsou více aktivní ve dne než evropské. Denní aktivita raka signálního činila 33 % a raka pruhovaného 22 % oproti aktivitě raka říčního 12 % a raka bahenního 16 % z celkové 24 hodinové aktivity. Všechny druhy vykazovaly poměrně vysokou aktivitu při teplotě 4 °C. Pro teplotu 25 a 30 °C jsou lépe adaptováni rak signální a rak bahenní než rak pruhovaný a rak říční.

Výjimkou je období páření, které začíná zpravidla v říjnu až listopadu, kdy teplota vody klesne pod 5°C. Neklamným příznakem blížícího se páření je zvýšená pohybová aktivita, a to nejen v noci, jak je pro tohoto živočicha typické, ale i ve dne (Krupauer, 1980; Skurdal a Taugbøl, 2002). Raci se pohybují po dně potoků nebo nádrží a často proplouvají i ve vodním sloupci (Krupauer, 1980). Krupauer, (1968) tuto situaci pozoroval na Lipenské údolní nádrži po několik let, kdy se raci nacházeli zapleteni do tenatových sítí a vězenců nejen při spodních okrajích sítí, ale i u hladiny.

O aktivitě **raka pruhovaného**, *Orconectes limosus*, se zmínil již Pieplow (1938). Nic nevyovídá o tom, že by byl noční tvorem, ale ani že by upřednostňoval denní život, jelikož životní projevy tohoto druhu jsou ve dne a v noci velice podobné. To vychází z toho, že zaprvé obsah žaludku raků chycených ve dne se nijak výrazně nelišil od raků chycených v noci. Zadruhé, že do vrší byl nachytán v noci a ve dne zhruba stejný počet jedinců. Stucki (2002) uvádí, že rak pruhovaný má odlišný vzorec aktivity než naše původní druhy. Na jaře a v létě se raci během denních hodin nacházeli často v úkrytech a byli aktivní hlavně v noci. Od podzimu až do kladení vajíček v půli dubna byli raci aktivní v denních i nočních hodinách. V řece Aare bylo mnoho samic sledováno od listopadu do ledna putujících řečištěm (poměr pohlaví 2:1). Aktivita vrcholila od prosince do března v řece Aare (teplota vody: 6-7°C) a mezi zářím a prosincem v jezeře Lauerz (teplota vody: 7-16°C). Perioda s nízkou aktivitou nebyla u raka pruhovaného pozorována (Stucki, 2002). Podle dat z Québecu a většiny Evropy je rak pruhovaný nejaktivnějším mezi květnem a říjnem (Brink *et al.*, 1988). Lozan (2000) ve své studii zjistil, že americké druhy jsou více aktivní ve dne než evropské (u raka pruhovaného 22 % oproti aktivitě raka říčního 12 % z celkové 24 hodinové aktivity).

Rak pruhovaný může být aktivní během denních i nočních hodin a jeho perioda aktivity během roku je delší. Flexibilita aktivity umožňuje populacím tohoto druhu rozšířit svou potravní aktivitu během období s příznivými podmínkami a vyhýbat se predátorům (Stucki, 2002). U raka pruhovaného může být za aktivitu považován i pobyt mimo úkryt.

Jak je tomu u dalších druhů?

Denní aktivita raka *Austropotamobius pallipes* je ovládána alespoň dvěma faktory (Barbaresi a Gherardi, 2001). První je dosažitelnost úkrytu. Pozorování prováděli jak v terénu, tak v laboratoři. V terénu bylo dosaženo vrcholu po svítání s nepatrným, ale prokazatelným rozdílem mezi ročními obdobími. Nejméně aktivní byli v zimě. V laboratoři, v experimentálních nádržích, byl vrchol zaznamenán při umělém úsvitu (to jest zapnutí osvětlení), to nebylo nikdy pozorováno v podmínkách bez přítomnosti úkrytu. Když byl umělý úkryt poskytnut, tento vrchol zmizel. Týká se to i dalších desetinožců (např. *Orconectes virilis*, Hazlett *et al.*, 1974; *Potamon gedrosianum*, Schneider, 1971; *Potamon fluviatile*, Gherardi *et al.*, 1988a,b). *A. pallipes*, podobně jako naše druhy, má aktivitu vyšší během nočních hodin a stejného výsledku bylo dosaženo v laboratoři.

U raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), byl zaznamenán cirkadiální rytmus (Flint, 1977), ale trvání aktivity souviselo s délkou tmavé periody, a dokonce i měsíční svit mohl redukovat aktivní periodu společenstva. Autor je popisován jako druh s převážně noční aktivitou, stejně jako náš rak říční, jemuž se v mnohém podobá (Westman, 2000; Abrahamsson, 1983). Podle radiotelemetrického sledování raků po 4 roční období v horské řece v severní Anglii, které provedl Bubb *et al.* (2004), byl rak signální maximálně aktivní během léta. Nejvýznamnější roli zde hrála teplota, nikoli pohlaví a velikost.

U kambarida *Orconectes virilis* byla studována denní pohybová aktivita v potoce. Přídavek umělých úkrytů neovlivnil počet raků obývajících určitou část toku. Experimentální snížení hladiny zvýšilo počet raků a zvýšení hladiny snížilo počet raků během noci. Denní pohyb samiček nosících vajíčka u *O. virilis* se blíží nule, zatímco samičky bez vajíček jsou v populaci mobilní. Někteří jedinci druhu *O. virilis* byli aktivní v noci nejméně třikrát více než ve dne (Hazlett *et al.*, 1979).

Pozorování prováděná v podmínkách s kontrolovanou teplotou (6 - 36°C) Crawshawem (1974) na kambaridu *Orconectes immunis* ukázala, že se rak vyhýbal teplotním extrémům. V noci, kdy byl aktivní, si zvolil úsek s teplotou okolo 22°C, zatím co za svítání si rak zvolil chladnější vodu cca 18°C, ve které se stal neaktivní, resp. hlubší vodu v přirozeném prostředí.

Jak pozoroval Stucki (2002), rak červený (*Procambarus clarkii*) je aktivní hlavně v noci, ale jednotliví raci putovali v nádrži během denních hodin. Aktivita byla nízká jen v krátké periodě v zimě. Během prvních slunných dnů časného jara byli spatřováni první raci červení v nádrži. Podobný výsledek zaznamenali Gherardi *et al.*, (2000a) ve dvou různých lokalitách, ačkoli v laboratoři nastal pohyb většinou ve dne. Gherardi a Barbaresi (2000) totiž rozlišili 2 protikladné modely aktivity raka červeného: 1. toulavá fáze bez denní periodicity charakterizovaná krátkými vrcholy rychlého pohybu a 2. dlouhá, nepohyblivá fáze, během které jsou raci v norách přes den a objevují se po soumraku ke shánění potravy. Ostatní chování (boje a páření) se odehrávalo také v noci.

Naopak u australského parasticida *Euastacus sulcatus*, Furse *et al.* (2006) zjistili, že jde o denní druh, který je aktivní ve všech obdobích, s výjimkou velkých jedinců (>40 mm DH), kteří jsou zřídka pozorováni na jaře a zimě, ale často v létě. Uvádějí, že u *E. sulcatus* aktivita vrcholí zpravidla kolem poledne ve všech obdobích s výjimkou malých jedinců (<25 mm DH), kteří jsou v létě aktivní v noci s vrcholem kolem půlnoci oproti jinak běžnému vrcholu v poledne. Tento obecný vzorec denní aktivity by mohl být strategií jak se vyhnout predátorům, obzvláště mnoha nočním masožravým savcům. Noční aktivita malých jedinců během léta, může být rovněž strategií proti predaci, s rozdílem, že se zde uvažuje predace velkými jedinci téhož druhu (tj. kanibalismus), kteří jsou aktivní jen v létě.

U dvou populací raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) popisuje Stucki (2002) aktivitu v nočních i denních hodinách. V obou populacích byla aktivita největší v období páření v prosinci. V jezeře Chatzensee byla častá denní aktivita v létě. Rak bahenní byl aktivní během nočních hodin v obou populacích v období krátkého dne na podzim a na jaře. Aktivita byla nízká mezi půlkou ledna a březnem.

Z těchto výsledků vyplývá, že aktivita raků je obecně nejvíce ovlivňována teplotou, světelnými podmínkami, nabídkou potravy a přítomností predátorů. Raci jsou všeobecně považováni za tvory s převážně noční aktivitou.

2.4.2 Schopnost migrace

Jander (1975) poukázal, že bez ohledu na druhově rozdílný životní styl jsou živočichové, kteří minimalizují vzdálenost od primárních zdrojů (například potravy, úkrytu, možnosti páření a hostitele) a maximalizují vzdálenost od stresorů (například dravců, teplotních extrémů a vysychání) v lepší fyzické kondici, než ti, u nichž je tomu naopak.

Toto evoluční hledisko vede k problematice sloučení aktivity s různými biologickými funkcemi, které se vážou k umístění životně nezbytných zdrojů, stresových faktorů a jiných dosažitelných prvků (Herrnkind, 1983).

Metody užívané pro sběr informací o pohybu raků jsou rozhodující v porozumění adaptačních schopností podmínkám prostředí. Jako dočasná metoda značení se používá perforace, či vyražení otvoru do telsonu (Abrahamsson, 1965; George 1957, 1958) či označení pomocí 100-wattové páječky (Abrahamsson, 1965; Pratten, 1980; Brewis a Bowler, 1982, 1983). Tyto značky se však časem stávají nezřetelné nebo zcela vymizí z důvodu častého svlékání raků. Merkle (1969) využil radioaktivní přívěsnou značku na *Orconectes rusticus*, zatímco Wiles a Guan (1993) navrhli implantát v podobě naprogramovaného mikročipu s identifikačním číslem do hlavohruď raka a použili jej u raka signálního (Guan a Wiles, 1997). Radiotelemetrie je vhodná metoda pro monitorování krátkodobých i dlouhodobých přesunů jednotlivých raků, stejně jako pro studium jejich aktivity. Spolehlivé kontinuální sledování jedinců eliminuje nevýhody studia malých vzorků kvůli vysoké ceně zařízení (Bohl, 1999; Bubb *et al.*, 2004; Schütze *et al.*, 1999; Gherardi a Barbaresi, 2000; Robinson *et al.*, 2000).

Schéma pohybu raků a dalších sladkovodních desetinožců sledované moderními metodami ukazuje podobu a složitost často protichůdných prostorových strategií uvnitř stejného společenstva (Gherardi *et al.*, 1988a,b, 1998, 2000a).

Orconectes rusticus ukázal tendenci zdržovat se na velmi omezené ploše po několik dní a potom se náhle přesunout do nové (Merkle, 1969).

Hazlett *et al.* (1974) pozoroval mnoho jedinců *Orconectes virilis* obývat stejnou tůň po řadu týdnů. Další příklady ukázaly, že u některých jedinců se střídá aktivní a neaktivní perioda, zatímco ostatní jedinci byli aktivní neustále po celou dobu sledování. Guan a Wiles (1997) odhadli rozsah pohybu na 190 m a průměrný rozsah obývané plochy na mimořádných 3000 m², která je relativně vysoká ve srovnání s *Orconectes inermis* (Hobbs, 1978) a *O. virilis* (Black, 1963).

Bohl (1999), za použití radiotelemetrie v pokusu s **rakem říčním** ukázal, že kratší pohyby v malých horských tocích byly typické pro raky zvyklé na známé stanoviště, zatímco jedinci vypuštění z líhně migrovali přes 50 až 1 000 m během 2 týdnů. Skurdal a Taubøl, (1995) studovali pohybovou aktivitu raka říčního bezprostředně po vysazení do řeky Fosselva v jihovýchodním Norsku. Po 106 hodinách od vysazení byli raci odchyceni do vrší i 380 m po proudu a 240 m proti proudu. Průměrná migrační schopnost byla 3,6 m.h⁻¹. Raci původem z řeky vykazovali větší migrační aktivitu než z jezer. Raci vysazení v nižší hustotě

měli vyšší snahu migrovat po proudu ve srovnání s raky vysazenými ve vyšší hustotě. O rok později byl uloven jen jeden jedinec z vysazených raků takže prakticky všichni raci migrovali po proudu pryč ze sledovaného území.

Studie Gherardi a Barbaresi (2000) odhalila masivní využití prostoru u raka červeného (*Procambarus clarkii*) v povodí Guadalquivir na rýžových polích, ale u všech sledovaných raků se střídaly periody s jedním nebo více vrcholy s maximální pohyblivostí (toulavá fáze) s delšími periodami bez, nebo s minimální pohyblivostí (viz. Kapitola 2.4.1). Během toulavé fáze urazili samci (v období páření) i 17 km za 4 dny a pokryli plochu 20 km². K podobným výsledkům se došlo u populace *Austropotamobius pallipes* (Gherardi *et al.*, 1998) a raka červeného (Gherardi *et al.*, 2000a).

V Anglii byla sledována expanze raka signálního uniklého v roce 1987 do přítoku řeky Wharfe. Během 4-5 let úplně vytlačil populaci původního raka *Austropotamobius pallipes*. Průměrná rychlost rozšiřování populace směrem po proudu vody byla 1,2 km za rok. Po 10 letech obsadil rak signální 10,4 km toku (Peay a Rogers, 1999). Ve stejném toku studovali Bubb *et al.* (2002) pohyby raků signálních během pozdního podzimu a zimy. Vzdálenosti přesunů byly u různých jedinců značně variabilní (0 – 328 m/den). Pohyby byly obecně ojedinělé. Raci se vyskytovali po několik týdnů na stejném místě a poté se příležitostně přesouvali k novým lokalitám. V jiném experimentu popisuje Bubb *et al.* (2004) pomocí radiotelemetrie migrace raků ve všech ročních obdobích v horských řekách severní Anglie. Nejvíce přesunů zaznamenali v létě. Průměrné a maximální denní vzdálenosti proti a po proudu byli 13,5 m (areál 0–283 m) a 15 m (areál 0–417 m). V dalším experimentu který provedli během pozdního léta, Bubb *et al.* (2006) zjistili pomocí PIT telemetrie (přenosného integrovaného transponderu), že raci signální urazili od místa vypuštění průměrně 36,3 m (max. 345 m/den). V žádném ze jmenovaných experimentů nebyl zaznamenán pasivní pohyb, vliv pohlaví ani velikosti. Nejvýznamnějším faktorem pro načasování a rozsah přesunů se zdála být teplota.

Co se týče směru, lokalizace a rozsahu pohybu u *Orconectes rusticus* (Merkle, 1969) a *Orconectes virilis* (Hazlett *et al.*, 1974) jsou noční cesty asi víceméně stejně distribuované v průběhu času směrem po a proti proudu. Možné faktory regulující, nebo spouštějící směr pohybu jsou odvozené z podobných situací, kvůli malému počtu experimentálních studií.

Například, *Orconectes nais* migruje proti proudu z naplaveného substrátu dokud nedosáhne hrubého štěrku (Momot, 1966). Několik druhů raků vykazuje sezónní migrace ve svých přirozených, domácích lokalitách (Mobberly a Pfrimmer, 1967). Migrace raka *O. nais*

proti proudu nastává pravidelně po předchozím dlouhém přesunu po proudu způsobeném silnými sezónními záplavami (Momot, 1966).

U výše popsaného experimentu s rakem signálním v Anglii, Bubb *et al.* (2004) zaznamenal průkazný rozdíl mezi migrací proti proudu a po proudu. Dále vysvětlují, že svažitost profilu a rychlost proudu v horských řekách může ovlivňovat invazní potenciál raka signálního ve směru proti proudu na rozdíl od nížinných toků.

Migrační schopnost **raka pruhovaného** (*Orconectes limosus*) směrem proti proudu experimentálně studoval Kozák *et al.* (2004) ve třicetikomorovém rybím přechodu na Labi. Skupina označených raků byla umístěna do 3 vybraných komor. Jejich pohyb proti a po proudu byl pak registrovaný po 30 min po vysazení raků. Zjistili, že velká část pokusných raků byla pasivně nesena po proudu a byla chycena v nejnižší komoře. Pohyb raka proti vodnímu proudu směrem k výše umístěným komorám nebyl zaznamenán. Nicméně, raci ukázali vysokou schopnost držet si pozici v silném vodním proudu.

Tanski *et al.* (2005), studoval in situ ovlivnění využití úkrytů rakem pruhovaným magnetickým polem, nebo jeho imitacemi (kontrola). Získané výsledky naznačují jednoznačně, že magnetické pole vygenerované ve vstupu k úkrytům (zhotovených z keramických rour) ovlivní chování raka. To bylo evidentní ze statisticky průkazných rozdílů mezi počty raků přitahovaných k úkrytům, které byly vybaveny magnety a kontroly.

S pohlavím a reprodukčním cyklem související rozdíly v migraci jsou známé u *Orconectes virilis*. Zvláště samičky nosící vajíčka na jaře zůstávají na stanovišti dokud ráčata nejsou schopna samostaného života. Na léto migrují po proudu a na podzim se vrací proti proudu, aby před zimou vyhledali, či vybudovali úkryt. Odlovení raci z určité části toku a vysazení jinač neprokázali orientaci k domovské části toku (Hazlett *et al.*, 1979). Jezera obývající *O. virilis* (Momot a Gowing, 1972) vykazuje odlišné reprodukční migrace směrem ke břehu - od břehu. Je to chování podněcované hormonálně (Aiken, 1969b).

Rak signální migruje do hlubších vod z jezera Tahoe, tím se vyhne zimním bouřím které usmrtí mnoho nemigrujících druhů (Flint, 1977). *Pacifastacus L. klamathensis* migruje po proudu řek v Oregonu v pozdním jaru odchovat mláďata a svléknout se. Pak migrují zpět z hlavního toku přezimovat k menším přítokům (Henry, 1951).

Sezónní migrace raků je spojena se změnou chování vyvolanou podmínkami prostředí. Poklesy vodní hladiny o 5 – 26 cm způsobily vyšší aktivitu, ale zvýšení hladiny o 6 - 29 cm způsobilo sníženou aktivitu *Orconectes virilis* v potocích (viz kapitola 2.4.2) (Hazlett *et al.*, 1979). Pokles intenzity světla a klesající teplota navodila migraci u raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) v jezeře Tahoe (Flint, 1977). Raci červení jsou známi jejich

migracemi po souši jako odpověď na některé faktory prostředí včetně prudkých dešťů po suchých obdobích, povodňové vlně a nízkém obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě (Gherardi, 2002).

Jedno vysvětlení pro přesuny po prudkých deštích poskytuje Huner a Barr (1984). Zatvrdlé zátky nor se nakypří a uvězněný rak snadněji unikne. Raci se pak v následujícím období sucha přemísťují za ustupující vodní plochou. Druhé vysvětlení je, že naplavený organický materiál se usadí a mikrobiální rozklad způsobí vysokou biologickou spotřebu kyslíku (BSK). Raci se pak pohybují po souši, pravděpodobně hledajíc přijatelnější životní podmínky.

2.4.3 Výběr stanoviště s ohledem na aktivitu a toleranci k prostředí

Výběr stanoviště je volbou vhodných životních podmínek pro život. Většina živočichů se vyskytuje na víceméně omezených stanovištích. Nicméně, kvůli kompetitivním vztahům, distribuce stanovišť nesleduje přímo skutečnou preferenci a volbu stanoviště, ale je ovlivněna kompetitivními vztahy (nebo predací), která může způsobit i vytlačení živočichů z preferovaných lokalit do méně vhodných míst (Partridge, 1978)

Teplotní preferencí a tolerancí u raků se zabýval Crawshaw (1974), Becker *et al.* (1975), Loring a Hill (1976), Kivivuori (1977), Claussen (1980), Marthur *et al.* (1982), Taylor (1984), Lowery (1988), Firkins a Holdich (1993) a další. U *Procambarus spiculifer*, raka červeného (*Procambarus clarkii*) a *Cambarus latimanus*, Taylor (1984) ukázal že finální volba teploty okolí je spojena s maximem aktivity. U *Procambarus spiculifer* je vyrovnání teplotních změn silně ovlivněno předchozí adaptací na teplotní podmínky. Naopak u *Cambarus latimanus* je hypotéza, že tyto míry jeho teplotní preference nefungují pro termoregulaci ale slouží jako podměty pro bdělost, přezimování, nebo hledání denního útočiště.

Úspěch invazních druhů, jako *Orconectes rusticus*, může záviset na schopnosti druhu uzpůsobit se teplotním podmínkám a obsadit stanoviště jiných raků (Mundahl a Benton, 1990). To bylo částečně potvrzeno Firkinsem a Holdichem (1993), kteří srovnávali kritické minimální a maximální teploty po přizpůsobení u původního britského raka *Austropotamobius pallipes* a dvou introdukovaných: raka bahenního, *Astacus leptodactylus* a raka signálního, *Pacifastacus leniusculus*; u nichž byla shledána větší teplotní tolerance.

V kontrastu s původními evropskými druhy, severoamerický rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) je tolerantní k různým stupňům extrémů prostředí, hlavně výkyvům

teploty a malému obsahu rozpuštěného kyslíku (Huner a Lindquist, 1995; Payne, 1997) (viz. kapitola 2.3).

Teploty pod 10 - 15°C jsou limitující pro růst a reprodukci (Aiken, 1969a; Capelli a Magnuson, 1974; Momot a Gowing, 1977) a také ovlivňují ostatní faktory ve stanovišti, včetně potravy, vegetačního krytu a kyslíkových poměrů. Fast a Momot (1973) uvádí, že hloubková distribuce samců a samic raků *Orconectes virilis* v severních jezerech byla dána teplotní stratifikací. Větší a společensky dominantní samci si vybrali vyšší teploty a vytlačili samice do hlubší, chladnější vody. Tuto hypotézu podporuje (Peck, 1985). V teplotně heterogenních lokalitách, se může segregace spojená s teplotou vyskytovat i mezi věkovými třídami nebo mezi druhy.

U raka *Austropotamobius pallipes*, raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) a raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) byla zjištěna fyziologická schopnost přetrvat v mořské vodě až do salinity 28 ppt, přinejmenším na krátkou dobu. Zvláště rak bahenní a signální se zdají být dobře přizpůsobeni pro přežívání ve slané vodě (salinita 21 ppt), ale jejich schopnost k osídlení v deltách může být omezena na oblasti jen s nízkou salinitou (tj. 7 ppt), kvůli nepříznivým účinkům mořské vody na vývoji vajíček a rýhování (Holdich *et al.*, 1997).

Užití radiotelemetrie v praxi umožnilo vyhodnocení osídleného mikrohabitatu. Bohl (1999) popsal u **raka říčního** (*Astacus astacus*), že kořenové systémy olší a akumulace naplaveného dřeva jsou vhodná, často využívaná stanoviště pro raky. Další požadavky na prostředí pro raka byly rychlost vodního proudu $20\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$, hloubka 15 – 50 cm, kameny, štěrk a hlinitojílovitý podklad společně s kořeny a naplaveným dřevem jako substráty, neregulované, příkré nebo převislé břehy a zastínění lokality. Gherardi a Barbaresi (2000) užívali vysílačky (transmitery) vybavené teplotním čidlem měřícím teplotu mikrohabitatu obsazeného rakem červeným (*Procambarus clarkii*) v rýžových polích. Během dne byl nalezený velký rozdíl mezi vzduchem (41°C) a vodou (22°C) a račím mikrohabitatem (22°C). Nicméně, v noci, kdy u mnoha jedinců byl pozorován přesun po souši, teplota vzduchu se snížila k průměrným 24°C a nelišila se příliš od teploty vody (21°C) nebo teplot račího mikrohabitatu (23°C) .

2.4.4 Používání úkrytů

Úkryty a nory jsou limitujícím prvkem pro přežití mnoha druhů raků. Jejich dostupnost jako hlavního útočiště je důležitá pro ochranu před predátory i jedinci vlastního druhu (Hobbs, 1991a). Nory hrají hlavní roli v biologii raka červeného (*Procambarus clarkii*) (Gherardi *et al.*, 2000b), jako útočiště proti extrémním podmínkám prostředí (například nízké a vysoké teploty a vysychání), ale také proti dravcům, včetně ochrany choulostivých stádií během průběhu života (jako je reprodukce a svlékání krunýře). Ačkoli, co se týče svlékání, Bovbjerg (1970a), Westman (1973) a Westin a Gydemo (1988) pozorovali u raka *Orconectes virilis*, raka signálního a **raka říčního** opuštění úkrytů a svlékání ve volném prostoru. Hartman a O'Neill (1999) zjistili, že juvenilní rak červený, jestliže je již samostatný, se nachází v úkrytu, tak mimo úkryt (ale vždy v úkrytu, když je přítomen rybí predátor). Pakliže žijí ve společenstvu, svlékají krunýř mimo úkryt bez ohledu na přítomnost predátora.

Kromě používání strukturních úkrytů, jako například skulin uvnitř skal, zvláště velké množství druhů mezi *Cambaridae*, (Hasiotis a Honey, 1995; Hasiotis a Bown, 1996; Hasiotis *et al.*, 1999), mají raci schopnost budovat nory nebo systémy chodeb v měkkých substrátech. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) ve své domovině, Severní Americe, nory netvoří, avšak populace v Británii mají schopnost hloubit jednoduché skuliny (Guan, 1994). Způsoby práce se substrátem u raků hloubících nory byly zkoumány několika autory (například Grow a Merchant, 1979; Grow, 1982; Rogers a Huner, 1985; Hobbs a Whiteman, 1991; Burras *et al.*, 1995), kteří uvedli že:

- (1) raci nejsou schopni budovat stálá doupata v substrátech složených z drsnější frakce (to jest písek, šterk, valouny, atd.),
- (2) volné vody jsou nezbytné pro úspěšné budování úkrytu, a
- (3) rak je schopen přesunout více než $40000\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ substrátu, například *P. clarkii* a *Procambarus zonangulus* může roznosit 7500cm^3 substrátu, bez ohledu na typ, v několika dnech.

Norující druhy byly rozděleny do tří hlavních kategorií (Hobbs, 1942). Prvotně staví nory ti raci, kteří tráví téměř celý svůj život pod povrchem dna a příležitostně se přesunují na povrch dna (při páření, pro potravu nebo při hledání nového útočiště). Jejich systémy nor jsou často komplikované a zřídka komunikují s volnými vodami. Typický druh primárně hloubící nory je stepní rak, *Procambarus hagenianus*, obývající východní a centrální Mississippi a západní Alabamu, tvoří 0.9 - 4.5 m hluboké nory.

Druhy sekundárně hloubící nory se vyskytují v sezónně zaplavovaných oblastech a zůstávají v norách delší dobu. Nory jsou docela jednoduché. Alespoň v místě původu, je rak

červený sekundárně norující druh. Počet raků na každé doupě se může různit od jednoho až přes 50 v největších komplexech nor. V rýžových polích v povodí dolního Guadalquiviru (Gherardi a Barbaresi, 2000) je víc než 90% doupat obsazeno jedním nebo více raky; toto vysoké procento obsazení zůstalo konstantní během dne i mezi dny. Není známé, zda je rak červený věrný jednomu doupěti, nebo zda zabere první doupě, které nalezne prázdné na konci své migrace, či výpravy za potravou.

Druhy terciárně hloubící úkryty se zahrabávají buď v zimě nebo obdobích sucha a, v několika případech, během jejich doby páření. Druhy stálé vodoteče hloubí jednoduché strmé průchody v potočním nebo jezerním dnu. Některé potoční druhy budují vysoce komplikované nory, zřejmě hloubí při nízkém stavu vody a někdy prokopou dlouhé systémy křížem krážem (Gherardi, 2002).

Některé druhy z čeledi *Cambaridae* jsou adaptovány pro život v periodických vodách a hloubí si hluboké nory. Těmto druhům stačí pouze vhodný substrát pro jejich hloubení (např. v hrázích) (Hogger, 1988). Rod *Orconectes* zahrnuje druhy terciárně hloubící nory. *Orconectes causeyi*, žijící ve stálých, dobře okysličených jezerech na jihozápadě USA, doupata buduje jako mělké chodby pod kameny nebo jako méně než 60cm dlouhé nory, tam, kde je kamenů méně, které používají pro přezimování a pro péči o vajíčka do vylíhnutí (Gherardi, 2002). **Rak pruhovaný** (*Orconectes limosus*) si podle Pieplowa (1938) nevyhrabává úkryty, a proto ve větší míře osídluje zátočiny a zóny zanesené splaveninami s bahnitým podložím a silným zárůstem rostlin. Lindquist a Huner (1999) a Föderer *et al.* (2006) ale uvádějí, že si rak pruhovaný dokáže hloubit doupata v jílovitém břehu, která mu poskytnou ochranný kryt při nedostatku jiných úkrytů. Dle Statznera *et al.* (2000) může rak pruhovaný svou aktivitou a prací se substrátem působit jako „geomorfologický agent“ a „ekosystémový inženýr“ a ovlivnit i strukturu bentosu. Mezi *Parastacidae*, je rak *Cherax destructor* též terciární druh hloubící nory, obývající hospodářské nádrže a zavlažovací kanály (Gherardi, 2002).

Čtrnáct terestrických druhů raků rodu *Engaeus* a *Geocharax* žije v norách v močálech, říčních březích nebo hornatých oblastech Austrálie. Nora může být přes 1 m hluboká a vchod je často značený komínkem z blátivých kuliček, až 45 cm vysokým (Suter a Richardson, 1977).

2.4.5 Zápasy, kompetice a koexistence

Na pojmy jako “ritualita“ (Huxley, 1914), a “teritorialita“ (Noble, 1939), stejně tak jako na pojem “teorie her“ (Maynard Smith a Price, 1973), bylo provedeno a aplikováno mnoho studií na obratlovcích. Dingle (1983) první zdůraznil význam korýšů v studiu agonistického chování: mnoho druhů má tzv. Resource holding potential (RHP) potenciál udržovat si zdroje pomocí klepet, drápů nebo trnů; zabírají a brání několik přivlastněných míst jejichž hodnota jako zdroje je přinejmenším kvalitativně (a někdy kvantitativně) akceptovatelná; mnoho druhů může být pozorováno v laboratorních podmínkách; relativně malá velikost a vysoká aktivita dovolí nasbírat velká množství dat v minimální době a výsledky týkající se rozdílů nebo sekvence v chování. Raci plní všechna tato kritéria, poskytují výhody pro odpovídání na mnoho otázek vztahujících se k funkci a vývoji agonismu.

Dramatická račí setkání (to jest kontakt mezi dvěma raky, z nichž jeden zjevně byl v útočné náladě) byla prvně popsána Bovbjergem (1953) u raka *Orconectes virilis*, kde klasifikoval: **vyhnutí se** - poddaný jedinec se vzdálí od výše stojícího jednotlivce; **hrozba** - přístup s nataženými klepety v bojové pozici; **útok** - jednostranný útok, v kterém se útočník blíží s nataženými klepety, kterými rychle chytá soupeře; a **zápas**, nejvíce dramatický kontakt mezi dvěma raky, blokují se klepety a používají kráčivé nohy pro pákový efekt. V dalších studiích bylo toto třídění interakcí používáno a sloužilo jako model pro klasifikaci i u ostatních druhů.

Klidová poloha raka (to jest neočekávaný, zdánlivě bezvýznamný pohyb, (Immelmann a Beer, 1989) se vyznačuje tím, že tělo je poddajné substrátu a klepeta jsou držena vpřed s prsty jen mírně rozšířenými a směřujícími rovně.

2.4.5.1 Kdo je vítěz?

Použijeme-li odborného slangu herní teorie, velikost těla je obecně považována za nejdůležitější ukazatel RHP (Bovbjerg, 1953, 1956; Lowe, 1956; Rabeni, 1985; Momot a Leering, 1986; Bruski a Dunham, 1987; Ranta a Lindstrom, 1992, 1993; Edsman a Jonsson, 1996; Pavey a Fielder, 1996), podmínkou musí být nerozdílnost ve výzbroji. U raka *Orconectes virilis* (Bovbjerg, 1953) a *Procambarus alleni* (Bovbjerg, 1956) větší jedinec vyhraje, vizuální a dotekové podněty jsou v souboji rozhodující (Bovbjerg, 1956).

RHP ovlivňuje velikost a morfologie račích cheliped. U korýšů se tyto končetiny vyvíjely do různorodě propracovaných struktur s funkcí související s potravními návyky, sexuálním dimorfismem a agonismem (Dingle, 1983). Velké klepeta je výhodou při setkání s

rakem stejného druhu a velikosti (Bovbjerg, 1953, 1956; Mason, 1970; Gherardi *et al.*, 1999, 2000c), nebo rozdílných druhů (Dardi *et al.*, 1996). Příkladem použití klepet je bránění nebo získání úkrytu (Levenbach a Hazlett, 1996). Šrámy jsou většinou přítomny na klepetech, ta jsou také častěji zmrzačena než ostatní končetiny, jsou hlavní cíle agresorova kontaktu (Gherardi *et al.*, 2000c).

Samečci jsou obvykle dominantnější než samičky, přinejmenším u raků *Orconectes propinquus* (Capelli, 1975), **raka říčního** (*Astacus astacus*) (Lindqvist a Lahti, 1983), raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) (Ranta a Linström, 1993), *Austropotamobius pallipes* (Gherardi *et al.*, 2000c) a raka červeného (*Procambarus clarkii*) (Gherardi *et al.*, 1999). Navíc, samečci se více podílejí na agresivních interakcích než samičky (Bovbjerg, 1953, 1956) a často soutěží s dalšími samečkami o získání samičky a dochází k zápasům. To vysvětluje proč jsou samečci *Austropotamobius pallipes* častěji zbaveni alespoň jednoho klepetu a proč zvláště velcí jedinci jsou poznamenáni vysokou četností jizev. U *Austropotamobius pallipes*, Gherardi *et al.* (2000c) uvádí, že jedinec s jedním klepetem, i když potencionálně dominantní, má nižší motivaci bojovat (tj. méně často se přibližuje k soupeřovi a méně často zápasí). To má brzy za následek nižší hierarchické postavení a silná nesouměrnost se prokáže v RHP (Maynard Smith a Parker, 1976). EES (evolučně stabilní strategie) bude dosažena jen, jestliže přenos informací o protivníkově kondici je správný mezi dvěma raky a jestli každý jednotlivec může ohodnotit nesouměrnost v RHP.

Dospělý samec raka čeledi *Cambaridae* vykazuje periodické střídání mezi formou rozmnožovací (forma I) a nerozmnožovací (forma II) (Guiasu a Dunham, 1997b). Samci formy I mají větší klepetu v poměru k délce hlavohruďi než forma II, navíc k tomu více sklerotizované kopulační orgány a více pomocných přichytných háků (Hobbs, 1991b). Tato pozorování vedla Steina (1976) k hypotéze, že přinejmenším u této čeledi je velké klepeto důležitější pro reprodukční aktivitu (Snedden, 1990 a Rutherford *et al.*, 1995) než pro efektivní manipulaci s kořistí nebo obranu před dravci (Keller a Hazlett, 1996). Tuto hypotézu potvrdili Guiasu a Dunham (1998) kteří to demonstrovali na druhu *Cambarus robustus* forma I.

Méně očekávaný byl silný vliv zraněných tykadél na bojové schopnosti jak ukázali Edsman a Jonsson (1996). Samečci, kteří ztratili větší část své anteny byli postiženi nižší konkurenceschopností. Nicméně, nehledě na vizuální signály, dotekové signály jsou důležité v komunikaci. Mávání antenami se zvyšuje, když se snižují světelné podmínky (Bruski a Dunham, 1987, 1990). Byla rovněž zjištěna korelace mezi pozicí anten a intenzitou rozepře s protivníkem (Heckenlivery, 1970).

Pohlaví (bez spojitosti s nepoměrem výzbroje), předchozí zkušenost a vlastnictví úkrytu (Edsman a Jonsson, 1996) bylo rovněž důležité pro výsledek bojů. Přinejmenším u samců raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) se motivace bojovat pozvolna zvyšovala u jednotlivců zůstávajících ve svém úkrytu. Zápasy mezi velikostně podobnými samci *Cambarus robustus* a *Cambarus bartonii bartonii* formy I, ukázali, že velikost měla nepatrný účinek na pravděpodobnost vítězství, ale pozorovali, že vítězové vykonávali významně víc zahajovacích aktů, než poražení (Guiasu a Dunham, 1997a, 1999a). Podobná situace byla pozorovaná stejnými autory (1997b) v rámci zápasů samečků *C. robustus* formy II, ale v tomto případě vyšší procento vítězů užívalo více klepeta.

2.4.5.2 Proč raci zápasí?

Hodně pozornosti bylo věnováno základním příčinám útoku. Hladovění po dobu jednoho týdne má za následek zvýšenou aktivitu raků *Orconectes virilis* (Hazlett *et al.*, 1975) a zvýšení pohybu mohlo částečně vysvětlit zvýšený poměr útoků uvnitř společenstva, tzn. že více pohybu v jedné oblasti má za následek více společenských kontaktů. Navíc, počet bojů vyprovokovaných hladovějícími jedinci může signalizovat vyšší stupeň agresivity. Dobrá metoda analyzující vztahy mezi zdroji a stupni agresivity je buď pomocí dostupnosti, nebo kvality úkrytu (Bovbjerg, 1970a; Ameyaw-Akumfi, 1976; Stein, 1977). Když byli tři druhy rodu *Orconectes* testovány s přirozenými substráty poskytujícími úkryty, nastalo málo vzájemných interakcí (Capelli a Munjal, 1982). V laboratorním prostředí, agresivita u *Orconectes rusticus* klesla s rostoucí dostupností úkrytu a potravy.

V experimentálních podmínkách provedených Mainwaldem *et al.* (2006) se ve vnitrodruhových párech u **raka říčního** (*Astacus astacus*) ukázala vyšší četnost agresivních interakcí než u **raka pruhovaného** (*Orconectes limosus*). U mezidruhových párů byl rak říční významně dominantní nad rakem pruhovaným ve všech velikostních skupinách. Celkové užívání úkrytů u raka pruhovaného bylo nižší než u raka říčního. Vytlačení raka říčního z úkrytu rakem pruhovaným nebylo nikdy pozorováno. Výsledky z této studie vylučují přímou agresivní interakci jako mechanismus nahrazení jednoho druhu jiným druhem.

I pářící aktivita mnohdy začíná dramaticky. Ani u *Austropotamobius pallipes* (Villanelli a Gherardi, 1998) ani u *Cambarus quadricarinatus* (Barki a Karplus, 1999) nebyl očividně zjevný útok. Naopak, Woodlock a Reynolds (1988) udávali, že mnoho samiček *Austropotamobius pallipes* bylo zabito dokonce před nebo po páření. U *Pacifastacus trowbridgii* (Mason, 1970) popsal souboj mezi pářícími se páry; u *Orconectes rusticus* (Berrill a Arsenault, 1984) musí sameček uchopit samičku klepetem, protože samička aktivně

vzdoruje a u raka červeného (Ameyaw-Akumfi, 1976) námluvy začínají agresivním chováním, boj trvá od 1 do 5 minut. U mnoha druhů, samečci pokračují v konfliktech dál po kopulaci (Berrill a Arsenault, 1984).

2.4.5.3 Interspecifická kompetice a koexistence

Syntopie (tj. druhy zabírající stejný makrohabitat) je považována za soubor faktorů, bezprostředně určujících způsob vytlačování druhů s ohledem na chování, morfologii, fyziologii a životním cyklu (Stebbins, 1971). Důležité pro rozlišení mezi druhy jsou chemické podmínky, které jsou klíčové v období reprodukce (Bechler, 1995).

Feromonální komunikace byla popsána jako důležitý mechanismus v „dorozumívání“ raků rodu *Orconectes*, více než vizuální, nebo hmatové podmínky (Tierney a Dunham, 1982, 1984). Experimenty ukázaly u syntopických, v Ontariu původních druhů *O. virilis* a *O. propinquus* schopnost samce rozlišit samičku svého druhu pomocí feromonů. Totéž platí o nepůvodních, syntopických *O. rusticus* a *O. obscurus*. Avšak ve společné obsádce výše zmíněné druhy nedovedli chemicky odlišit samičky svého druhu a docházelo k více případům mezidruhového páření. Bechler *et al.* (1988), uvádí, že feromonová komunikace je pro raka červeného (*Procambarus clarkii*) a *Procambarus zonangulus*, méně důležitá, protože samec raka červeného, který usmrtil samičku konspecifického druhu ve vodě upravené samičkou *P. zonangulus*, se později pářil s jinou samičkou ve stejném poměru bez ohledu na to, kterým druhem byla voda feromonálně podmíněna.

Penn a Fitzpatrick (1963) laboratorně demonstrovali že *Cambarellus shufeldtii* je dominantnější než *Cambarellus puer* a že tato dominance teoreticky přispívá k přizpůsobení *C. puer* *C. Shufeldtii* na mnoha lokalitách. Bovbjerg (1970b) popsal lokální segregaci u společně se vyskytujících *Orconectes virilis* a *Orconectes immunis*; *O. immunis* obývá bahnité tůň řek, sousední tůň a ramena a močály. *O. virilis*, se na druhé straně vyskytuje zejména v příbřežních částech toků s převážně kamenitým dnem. Laboratorní experiment indikoval, že oba druhy preferují skalnaté substráty, ale pokud se vyskytují společně, jsou navzájem více agresivní a *O. virilis* přetrvává na kamenitém substrátu a *O. immunis* je vytlačen a přemístí se na bahnité dno. Další experiment ukázal, že *O. virilis* byl méně tolerantní nízkému obsahu kyslíku, charakteristické pro nádrže v létě, a byl relativně nemotorný v budování komínových nor v bahně, typické pro *O. immunis* v nepříznivých podmínkách. *O. virilis* převládal v tekoucí vodě a okrcích s kamenným dnem díky jeho schopnosti hájit si své území. V Ontariu se *Cambarus bartonii bartonii* a *Cambarus robustus*, ačkoli mají podobné požadavky na prostředí a podobné životní cykly, nepřekrývají ve své

distribuci, kvůli potenciálu později vyhnat původce konkurence, jestliže soupeří o omezené zdroje jako úkryt a potrava (Guiasu *et al.*, 1996; Guiasu a Dunham, 1999a,b).

Jiné studie v Severní Americe na účinky rozsáhlé expanze (přirozené a navozené) račích druhů, zvláště *Orconectes rusticus* (původní v povodí řeky Ohio), uvedli Capelli (1982), Capelli a Munjal (1982), Flynn a Hobbs (1984), Butler a Stein (1985), Lodge *et al.* (1985), Hazlett *et al.* (1992) a Momot (1996). Vytlačení místních druhů může být způsobeno nadřazené konkurenční schopnosti veřelce. Například, na základě studia agresivních interakcí, Momot a Leering (1986) uvádí, že rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) má převahu nad *Orconectes virilis*, kdyby byl introdukován do severních jezer ve východní Kanadě. Butler a Stein (1985) zkoumali vytlačení raka *Orconectes sanborni* rakem *Orconectes rusticus*, ale nenašli žádný důkaz o kompetici o potravu a stanoviště. K vytlačení došlo hlavně kvůli větší plodnosti a vyššímu růstu druhého druhu, spolu s podřízeným chováním a větší choulostivostí k predaci *O. sanborni*.

Ze stejného důvodu, se *Orconectes rusticus* šíří ve svém původním areálu v Ontariu (Momot, 1996). Jemu konkuruje původní druh *Orconectes virilis* a introdukovaný *Orconectes propinquus* (Williams, 1995). Jak popisují Lodge *et al.* (1986). ve Wisconsinu, kde je původním druhem *O. virilis* je abundance a druhová skladba raků dynamická, určená invazními druhy (první *O. propinquus* a později *O. rusticus*). Některé druhy byli částečně vytlačeny druhy převažujícími (abundance *O. virilis* se zvýšila, zatímco u *O. propinquus* poklesla a *O. rusticus* si udržoval celkem konstantní hojnost). Autoři naznačují, že jednoduchý konkurenční model nedostatečně vysvětluje dynamiku složení račího společenstva. *O. rusticus* má kompetitivní výhodu, díky jeho velikosti těla, vyšší agresivitě a nižší náchylnosti k predaci. Nicméně, alespoň v tomto případě, výsledek mezidruhových interakcí je variabilní a pravděpodobně ovlivněný dalšími faktory ve společenstvu, jako predace, parazitismus a stresory. Tierney *et al.* (2000) přinesl další pohled na vzájemné vytlačování druhů, porovnáním agresivního chování mezi třemi druhy z čeledi *Cambaridae* (*Orconectes rusticus*, *O. propinquus* a *O. immunis*) a jedním z čeledi *Astacidae* (rak signální). Posledně zmíněný se zdál být nejvíce agresivní, lišící se od ostatních tří druhů množstvím času stráveném v zápasech.

Ačkoli se v Austrálii nevyskytují nepůvodní druhy raků, původní druh *Cherax destructor* byl introdukován do Tasmánie v roce 1960, kde je syntopický s endemitem *Astacopsis franklinii* v nejméně jednom toku (Elvey *et al.*, 1996). Průzkumy tohoto toku ukázaly že se výskyt těchto druhů nepřekrýval, *Cherax destructor* byl vázán k otevřeným, pomalu tekoucím úsekům, zatímco *Astacopsis franklinii* byl nalezen jen ve stinných,

kamenitých, rychle tekoucích úsecích. Toto je zdá se jediný případ, kdy nepůvodní druh nekonkuruje místnímu. *A. franklinii* byl schopen při laboratorním sledování interakce s velikostně podobnými *C. destructor*, zabrat úkryty v 68% testů a udržovat si jejich vlastnictví v 88% testů.

V Evropě, Cukerzis (1968) uvedl, že nadřazená konkurenční schopnost raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) byla odpovědná za ústup **raka říčního** (*Astacus astacus*) ve východní Evropě. Podobně Tsukerzis (1976) uvedl, že v Litvě byl rak říční vytlačen rakem bahenním, i když v některých jezerech nastalo smíšení společenstva. V laboratorním experimentu se smíšenými kulturami rakem říčním a introdukovaným severoamerickým rakem signálním (*Pacifastacus leniusculus*) byla častá predace, ale příčinou úhynů bylo také rozšíření račího moru. V jezeře Skillotsjon ve Švédsku, byl rak říční vytlačován až do vyhubení rakem signálním (Soderbäck, 1995) reprodukční interferencí, vzájemným nepřizpůsobením, citlivostí do 1 roku starých rácat vůči rybím predátorům, konkurencí s rakem signálním o úkryt a různými evolučně danými rysy (rak signální měl vyšší individuální tempo růstu, dosažení sexuální dospělosti v menší velikosti a nižším věku a měl vyšší plodnost než rak říční). Agresivní dominance mláďat do 1 roku a adultních jedinců raka signálního byla potvrzena laboratorními experimenty (Soderbäck, 1991). Podobné studie provedl Vorburger a Ribi (1999a) ve Švýcarsku, kde potenciální dopad raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) na přirozeného raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) byl hodnocen v laboratoři, s cílem předcházet šíření invazních druhů. Žádné druhy nebyly dominantní v agresivních interakcích, ale dominance byla silně ovlivněna velikostí a rychlejším růstem raka signálního. Jak předpokládá teorie her, konflikty se vystupňovaly jen když velikost těla byla podobná u obou odpůrců. Rak kamenáč měl vyšší preferenci používat experimentální úkryty a často je bránil dokonce proti většímu raku signálnímu, možná proto, že druhý zmíněný druh je méně závislý na dosažitelných skulinách jako úkrytech, ale naopak se raději zahrabává do měkkých substrátů (Vorburger a Ribi, 1999b). V Anglii, kde jediným místním druhem je *Austropotamobius pallipes*, Holdich *et al.* (1995) uskutečnil experiment ve velkých, venkovních nádržích, aby zhodnotil přežití původního *A. pallipes* za přítomnosti invazního raka bahenního nebo raka signálního a přežití těchto dvou introdukovaných druhů držených společně. V kontrolních monokulturních obsádkách se počty raků časem snížili kvůli kanibalismu, zvláště v případě raka signálního. V polykulturních obsádkách, se výrazně snížilo množství *A. pallipes* a raka bahenního v přítomnosti raka signálního, kvůli predací aktivitě. Mezidruhové páření nastalo ve všech experimentálních kombinacích, s jedinou

výjimkou, samečků *A. pallipes* a samic raků signálního. Výsledkem je fakt, že reprodukční interference je dalším mechanismem ohrožujícím přežití.

2.4.5.3.1 Problematika raka pruhovaného

Rak pruhovaný se do Evropy dostal díky importu do Německa v r. 1870, odkud se dostal přirozenou migrací proti proudu řeky Labe na území ČR, kde byl jeho výskyt prokazatelně zjištěn v roce 1988 v Ústí nad Labem (Hajer, 1989). V roce 1998 byl pozorován v Labi až v Pardubicích (Lohniský, Ďuriš, os. sděl. in Policar a Kozák, 2000). V letech 1998 – 1999 byl potvrzen jeho výskyt ve spodním úseku řeky Pšovky, v řece Vltavě v úseku, kde protéká Prahou (čtvrtí Trója) (Slavík os. sděl. in Policar a Kozák, 2000) a dále ve vltavských vodních nádržích Orlík a Kořensko.

Dnes se rak pruhovaný vyskytuje zatím pouze v povodí Labe, především ve velkých řekách (Labe, Vltava) a ve spodních částech jejich přítoků. Můžeme ho nalézt také na mnoha písčivých nebo zatopených lomech – výskyt na těchto lokalitách je důsledkem zásahů člověka. Z některých takto osídlených míst se raci mohou šířit také do přilehlých menších toků. Mezi větší přítoky Labe (6. řád toku a vyšší), kde se tento druh alespoň v dolním toku vyskytuje, patří kromě Vltavy dále Ohře, Jizera, Mrlina, Cidlina, Doubrava, Metuje a Úpa. V případě posledně dvou jmenovaných řek se však jedná o populaci vysazenou rybáři. Ve Vltavě byl rak pruhovaný nalezen ve Vrbně u Mělníka, Klecanech a v Praze a dále na mnoha lokalitách od Zvíkovského Podhradí (přehrada Orlík) po České Budějovice (Petrušek *et al.*, 2005), kde ho potvrdil také Buřič (2006). Nejsou známy lokality s výskytem tohoto druhu v přehradních nádržích Štěchovice, Slapy a Kamýk, je proto možné, že populace ve vyšší části toku Vltavy jsou důsledkem záměrné introdukce. Většími přítoky Vltavy s výskytem tohoto druhu v dolní části (obvykle v bezprostřední blízkosti ústí, v oblasti vzdutí přehradní nádrže či jezera) jsou Otava, Lužnice, Sázava a Malše (Petrušek *et al.*, 2005), kde ho rovněž potvrdil Buřič (2006). Raci pruhovaní byli nalezeni také v mnoha menších tocích (o 5. nebo nižším řádu toku), obvykle však pouze v blízkosti ústí do některé z větších řek (Petrušek *et al.*, 2005). V 90. letech byli raci pruhovaní údajně spatřeni také na několika dalších lokalitách poměrně vysoko proti proudu příslušných řek – v Ohři v Žatci, v Lužnici v Táboře, v Sázavě v Havlíčkově Brodě a v přítocích Berounky v Plzni (Hajer, 1994), jejich výskyt tam ale nebyl v současnosti potvrzen. Koncem 90. let však byl výskyt tohoto druhu potvrzen v přehradní nádrži Hracholusky na Mži (Petrušek *et al.*, 2005).

Zajímavé je, že v posledních letech (v období 2002-2005) došlo na řadě lokalit k výraznému snížení početnosti raků pruhovaných (Ďuriš *et al.*, in press a; Ďuriš *et al.*, in

press b; Krywosz, 2004). Částečně se může jednat o vliv katastrofálních povodní z roku 2002, ale úbytek raků byl pozorován i v oblastech povodní nezasažených (např. v severovýchodním Polsku) (Ďuriš *et al.*, in press a). Příčina tohoto fenoménu zatím není známa (Petrušek *et al.*, 2005).

Momentálně je rak pruhovaný dominantním sladkovodním rakem v mnoha permanentních vodách ve Francii, Německu, Česku, Slovensku a Polsku (Ackefors, 1989; Dehus *et al.*, 1999; Holdich *et al.*, 1999). Jeho rozšíření zahrnuje i Nizozemí, Švýcarsko, Španělsko, Itálii, Litvu, Rakousko, Lucembursko, Anglii, západní Rusko a pravděpodobně i Ukrajinu (Ackefors, 1989; Holdich *et al.*, 1999). Byl potvrzen i v Bělorusku, Belgii, Maďarsku, od roku 2002 je zaznamenáván v Srbsku a od roku 2003 v Chorvatsku (Holdich *et al.*, 2006). Rak pruhovaný pokračuje v rozšiřování svého výskytu v Evropě a může se očekávat jeho eventuelní přítomnost ve většině kontinentálních vod (Henttonen & Huner, 1999). Nyní se vyskytuje ve 20 evropských zemích a předpokládá se jeho další šíření Dunajem do Bulharska a Rumunska (Holdich *et al.*, 2006).

Důležitým faktorem souvisejícím s úspěchem severoamerických raků v Evropě je fakt, že jsou současně odolní i schopní přenášet plíseň račí mor, *Aphanomyces astaci*, oproti k račímu moru velmi vnímavým původním druhům (Lindquist a Huner, 1999).

Introdukce raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) odolného proti račímu moru začala před rokem 1900 úspěšným nasazením a jeho následným rozšířením v západní a střední Evropě. Přes jeho masivní rozšíření nebyl nikdy plně akceptován jako konzumní (Momot, 1988).

Rak pruhovaný ohrožuje původní evropské druhy přímým vytlačováním z jejich stanovišť a hlavně přenosem račího moru (Holdich a Lowery, 1988). Proto velmi úspěšná introdukce raka pruhovaného na konci 19.století zajistila pokračující ohrožení původních druhů račím morem, kdekoliv se mohli s novým druhem setkat (Lindquist a Huner, 1999). Před introdukcemi raka červeného (*Procambarus clarkii*), raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) a raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) se v regionech kam byly nasazeni nevyskytovala anebo nebyla silná infekce původních druhů plísní *Aphanomyces astaci*.

Metodami molekulární biologie bylo dokázáno, že introdukované druhy mohly račí mor rozšířit na původní druhy v Evropě a tak přispěly k jejich vymizení (Huang *et al.*, 1994; Liley *et al.*, 1997). V Rakouských jezerech Pöckl a Pekny (2002) popisují několik populací raka pruhovaného které se nešíří tolik aktivně jako rak signální. Kozubíková *et al.* (2006) prokázala infekci račího moru u raka pruhovaného PCR metodou na pěti ze šesti vybraných lokalitách.

Původní druhy raků vyžadují vody vysoké kvality a velké litorální habitaty s množstvím úkrytů (Krupauer, 1968).

V kontrastu s původními evropskými druhy, rak pruhovaný je tolerantní k různým stupňům extrémů prostředí, hlavně výkyvům teploty a malému obsahu rozpuštěného kyslíku (Huner a Lindquist, 1995; Payne, 1997). Ačkoliv žádný druh raka nemůže rozvinou velké populace v přítomnosti velkého množství rybích predátorů, velmi tolerantní druhy ihned obsadily prázdné habitaty. Mimoto rak pruhovaný i rak signální dokáží hloubit doupata v jílovitém břehu, která jim poskytnou ochranný kryt při nedostatku jiných úkrytů (Lindquist a Huner, 1999).

Ve vztahu k prostředí, ekologické strategii a populačním parametrům byly organismy označeny jako r- a K-stratégy (Lindquist a Huner, 1999). Nejúspěšnější druhy invazních raků jsou spíše r-stratégové, s krátkým životním cyklem a vysokou plodností.

Původní evropské druhy raků vykazují charakteristiky K-stratégů, počítaje v to pozdější pohlavní dospělost, pomalejší růst, malou úmrtnost, větší velikost těla a dlouhý životní cyklus. Tři severoamerické invazní druhy vykazují spíše charakteristiky r-stratégů, brzkou pohlavní zralost, rychlý růst, velké množství potomstva pro danou velikost rodičů, maximální produkce potomstva v nízkém věku, malá velikost těla, velká mortalita a krátký životní cyklus. Pro porovnání 10cm dlouhý rak říční má ovariální plodnost okolo 280 oocytů II. řádu, rak signální 350 a rak pruhovaný až 400 (Huner a Lindquist, 1991).

Rak pruhovaný je velmi rozšířeným druhem na severovýchodě USA a na jihovýchodě Kanady. Raku pruhovanému se daří v pomalu proudících, permanentních říčních a jezerních habitatech s naplaveninami, které by se daly popsat jako degradované pro původní evropské druhy raků (Momot, 1988).

Je sporné zdali by při nepřítomnosti *Aphanomyces astaci* byly K-strategické evropské druhy raků úspěšné v kompetici s agresivními severoamerickými raky (Lindquist a Huner, 1999). Studie Schulze *et al.*(2006) ukazuje, že rak říční může koexistovat s nepůvodním raki pruhovaným ve stejném vodním útvaru nejméně deset let, avšak současně s tím neprokázali v těchto zkoumaných lokalitách přítomnost račího moru.

2.4.6 Rybí predátoři

Navzdory ochrannému exoskeletonu, jsou raci kořistí širokého okruhu vodních i terestrických dravců, (Hogger, 1988; Westman *et al.*, 1990, 1992). Tvoří větší či menší část celkové diety predátorů. Nejvíce zranitelné období životního cyklu raka je juvenilní stádium a období bezprostředně po svlékání krunýře. Jeden až dva týdny po svlékání je rak měkký a neschopný se bránit. Následkem toho je význam raka jako potravního zdroje často sezónní. Predace je pravděpodobně jeden z klíčových faktorů kontrolujících produkci v místních systémech. Bezobratlí dravci jako například larvy vážky, vodní ploštice a larvy potápníka můžou mít snadno zhoubný vliv na juvenilní raky (Fiskeriverket, 1993).

Ryby, zvláště okoun říční (*Perca fluviatilis*) a úhoř (*Anguilla anguilla*), ale také štika (*Esox lucius*), jsou nejčastějšími predátory raků. Rybí predace je velikostně selektivní. Malí jednotlivci jsou více citliví k predaci a všechny faktory přispívající k redukcí růstu tak zvětšují riziko predace. Faktory jako například konkurence o úkryt, také zvyšují riziko predace. V přítomnosti dravce rak stráví více času v úkrytu. Experimenty ukazují že rak říční je také významně méně pohyblivý v přítomnosti rybího dravce. Redukovaná mobilita a ukryvání jsou antipredační strategií. Nicméně, toto chování v přítomnosti dravce může redukovat příjem potravy a růst (Appelberg a Odelstrom, 1986).

Úhoř je efektivní račí predátor, který může snadno chytit raka dokonce když se rak skrývá v noře nebo pod kameny. Ve studiu z 1600 švédských jezer byl potvrzen záporný vztah mezi úhořem a rakem. V určitých místech s hojností úhoře nebyli žádní nebo velmi málo raků (Svärdson, 1972). Vysazení úhořů způsobilo pokles račích populací v mnoha vodách po celé Evropě. Nicméně, před budováním mnoha přehrad měl úhoř lepší přístup do evropských řek a jezer. Pravděpodobně se račí populace v Evropě zvýšila současně s budováním migračních překážek pro úhoře v posledním století (Fiskeriverket, 1993). To ukazuje, že úhoř je nejefektivnější račí predátor (Svärdson *et al.*, 1991), a to je také považováno za hlavní důvod nedostatečného úspěchu při introdukci raka do některých lokalit (Fürst, 1977).

Nedávné laboratorní experimenty naznačili, že okoun říční je rovněž velmi efektivní račí predátor (Blake a Hart, 1995). Experimentování s juvenilními raky říčními a signálními ukázala snížené přežití v přítomnosti okouna říčního (Söderback, 1993).

V kaspickém moři, se může vyza velká (*Huso huso*) živit rakem bahenním. Rozbory žaludečního obsahu odhalily, že vyza větší než 100cm konzumovala tento druh v poměrně velkém množství (Sokolsky *et al.*, 1999).

Kromě již zmíněných druhů, uvádí jako další efektivní predátory Krupauer (1968) mníka, pstruha potočního, vranku, jelce tlouště a parmu.

3. Materiál a metodika

3.1 výzkumný materiál

Raci říční (*Astacus astacus*) a raci pruhovaní (*Orconectes limosus*) použítí v experimentální nádrži v rámci experimentu byli získáni odlovem z volných vod: *Astacus astacus* byl získán předchozím odlovem ze šumavská populace, *Orconectes limosus* byl získán odlovem z ú. n. Kořensko (Vltavská kaskáda).

Ryby použité jako predátoři v experimentální nádrži v rámci experimentu (úhoř říční, mník jednovousý, štika obecná, okoun říční a sumec velký) byly získány ze zdrojů v objektech VÚRH ve Vodňanech.

3.2 Počty nasazených raků a ryb do experimentální nádrže

3.2.1 Porovnání aktivity raka říčního a raka pruhovaného

Bylo použito 16 pohlavně dospělých jedinců různé velikosti od obou druhů, vždy 8 samečků a 8 samic na jeden experiment. Vzorky byly voleny tak, aby důvěrně demonstrovali věkové a velikostní složení populací v přirozených podmínkách (s výjimkou juvenilních stádií, jež by nebyli použitelní v experimentu vzhledem ke zvýšené náchylnosti ke kanibalistickému tlaku starších věkových kategorií a specifickým behaviourálním rozdílům od adultních stádií. Experiment nesloužil jen jako demonstrace denní a noční aktivity, ale i jako kontrola pro kontrast mezi experimenty s rybími predátory a mezidruhových interakcí.

3.2.2 Reakce na rybí predátory

V rámci tohoto pokusu jsme se snažili demonstrovat vliv rybího predátora na čas strávený uvnitř, či mimo úkryt v laboratorních podmínkách v kontrastu s kontrolou (bez rušivých vlivů). Ke stejnému počtu raků (8 samečků a 8 samic) byl přisazen vždy 1 kus od jednoho druhu rybího predátora.

3.2.3 Mezidruhové interakce

Tímto experimentem jsme se snažili ukázat, jak budou reagovat mezi sebou v mezidruhovém i vnitrodruhovém měřítku jedinci v polykultuře dvou druhů sesazení do jedné experimentální nádrže. Do nádrže se v rámci experimentu sesadilo 8 jedinců od každého druhu, vždy 4 samečci a 4 samičky.

3.3 Evidence, ošetření a značkování raků

U každého jedince bylo provedeno biometrické měření s udáním:

(CD) celková délka těla (mm)

(DH) délka hlavohrudi (mm)

(M) hmotnost (g) (příloha 1-4)

Každý jedinec byl označen neomyvatelnou barvou na dorsální stranu krunýře číslem, či jinou značkou a zaevidován včetně udání pohlaví (příloha 77). Ztráty vzniklé během pokusů byly nahrazovány z rezerv mezi jednotlivými experimenty tak, aby se nejvěrněji přibližovaly předchozímu jedinci a eliminovali tak výrazné chyby ve výsledcích. Raci byli krmeni vždy mezi experimenty (špenát, játra, zooplankton) a to maximálně 12 hodin před započítáním dalšího pokusu.

3.4 vybavení laboratoře

Práce probíhala z větší části v etologické laboratoři VÚRH JU ve Vodňanech s využitím videotechniky. Experimenty probíhaly mezi lety 2003 až 2005.

3.4.1 Uspořádání experimentální nádrže

Pro potřeby experimentu byla k dispozici experimentální nádrž o půdorysu 1 x 1 m, ve kterém byla udržována stálá hladina vody o sloupci 30 cm, kontinuální cirkulace a filtrace vody, saturace kyslíkem ($10,22 \pm 2,52 \text{ mg.l}^{-1}$) a kontrolovaná teplota ($13 \pm 2,25^\circ\text{C}$).

Interiér nádrže byl rozdělen na dvě zóny. Zóna úkrytu po délce jedné hrany vytvořená z kamenné rovnaniny o šířce cca 30 cm, svým charakterem vyhovující oběma druhům a volná zóna vybavená štěrkopískovým substrátem, rovněž vyhovující pro oba druhy (příloha 78).

3.4.2 Osvětlení a řízení režimu „den“ a „noc“

Pro potřeby pokusu byl zvolen typ osvětlení běžně používaný pro podobné etologické experimenty. Osvětlení a intenzita světla byla volena tak, aby svým charakterem a intenzitou simulovala přírodní podmínky včetně úsvitu, soumraku a měsíčního svitu a zároveň umožňovala identifikaci vzorků. Pro denní režim bylo použito osvětlení zářivkou po čas 12 hodin (7 – 19 hod.) o intenzitě $0,0425 (\pm 0,008078)$ luxů a pro noční režim červené světlo po

čas 12 hodin (19 – 7 hod.) o intenzitě 0,0364 (\pm 0,009024) luxů (příloha 79). Přechody na jednotlivé režimy byly ovládány časovým spínačem, s tím, že pro částečnou simulaci soumraku a úsvitu byl přechod načasován plynule s desetiminutovým prolínáním, aby se alespoň částečně zabránilo náhlé a kontrastní změně světelných podmínek.

3.4.3 Uspořádání videotechniky

Natáčení záznamu bylo provedeno za pomoci videokamery Grundig VS 170 upevněné nad nádrží a nastavené tak, aby zabírala celý prostor nádrže (příloha 80). Signál byl nahráván videorekordérem JVC S-VHS ET v režimu EP a pro kontrolu zároveň vizualizován na monitoru. Nahraný záznam byl pak přehráván videorekordérem Panasonic superdive super LP a vizualizován na počítačovém monitoru pomocí programu EASY GRAB (příloha 81; 82).

3.5 Postup při sledování a hodnocení experimentu

Záznamy experimentů byly vždy nonstop nahrávány 12 hodin v režimu „den“ a 12 hodin v režimu „noc“ zvláště a kazety v jednotlivých experimentech byly měněny tak, aby nedocházelo k prodlevě mezi jednotlivými režimy. Experimenty trvaly den (24 hodin) a třikrát se opakovaly.

Pořízené záznamy byly průběžně sledovány zrychleně v režimu EP a data zanesena do předem připravených formulářů. Pořízená data pak byla digitalizována editací do PC v tabulkách (EXCEL; příloha 5), kde byly následně vypracovány základní statistiky (% času stráveného mimo úkryt z celkové 12 hodinové a 24 hodinové aktivity, střední hodnoty, směrodatné odchylky) a demonstrační grafy. Pro statistické hodnocení rozdílů byla v programu STATISTICA 7 použita analýza variance pro opakovaná měření (repeated measures ANOVA) pro $p < 0,05$ a rozšířené výpočty pomocí Fisherových LSD testů pro $p < 0,05$. Pro prokázání závislosti agresivity na aktivitě byla použita regresní analýza pro $p < 0,05$.

3.6 Provedené experimenty a hodnocení

Aktivita raka říčního:

Astacus – kontrola (3x opakování)

26. – 29. 7. 2005

Aktivita raka pruhovaného:

Orconectes – kontrola (3x opakování)

11. – 14. 11. 2004

Reakce na rybí predátory:

Experimenty s rakem říčním probíhaly v období od 19. 4. 2004 do 12. 6. 2004. Experimenty s rakem pruhovaným probíhaly v období od 7. 10. 2003 do 10. 11. 2003. Pro experimenty s rakem pruhovaným se nám podařilo sehnat více rybích predátorů.

Astacus vs. úhoř (3x opakování)

Orconectes vs. úhoř za přepážkou (3x opakování)

Astacus vs. štika (3x opakování)

Orconectes vs. úhoř za průhlednou přepážkou

Astacus vs. sumec (3x opakování)

(3x opakování)

Orconectes vs. úhoř (3x opakování)

Orconectes vs. štika (3x opakování)

Orconectes vs. sumec (3x opakování)

Orconectes vs. mník (3x opakování)

Orconectes vs. okoun (3x opakování)

Mezidruhové interakce:

Astacus vs. *Orconectes* (3x opakování)

24. – 27. 8. 2005

Rozdíly individuální a rozdíly dle pohlaví:

V rámci sledování denní a noční aktivity ve výše uvedených experimentech byly studovány také rozdíly individuální a rozdíly dle pohlaví.

Vnitrodruhové interakce:

Charakter experimentů a vybavení laboratoře poskytlo podmínky sledovat v rámci pokusů s aktivitou raků také vnitrodruhové interakce. Sbíráni dat bylo provedeno jako počítání počtu projevů přímé a nepřímé agrese (hrozba, útok, zápas).

3.7 Výhody a nevýhody zvolené metodiky

Nespornou výhodou laboratorního prostředí jsou kontrolované podmínky. Mohli jsme proto provést řadu experimentů v „konstantních“ podmínkách a usnadnit tak hodnocení (stálá teplota, potřebné nasycení vody kyslíkem bez výrazných výkyvů, řízený světelný režim) a eliminovat tak výkyvy běžné v přirozených podmínkách. Nevýhodou je časová náročnost sledování a sbírání dat a potřeba, aby sledování prováděla pokud možno jedna a tatáž osoba.

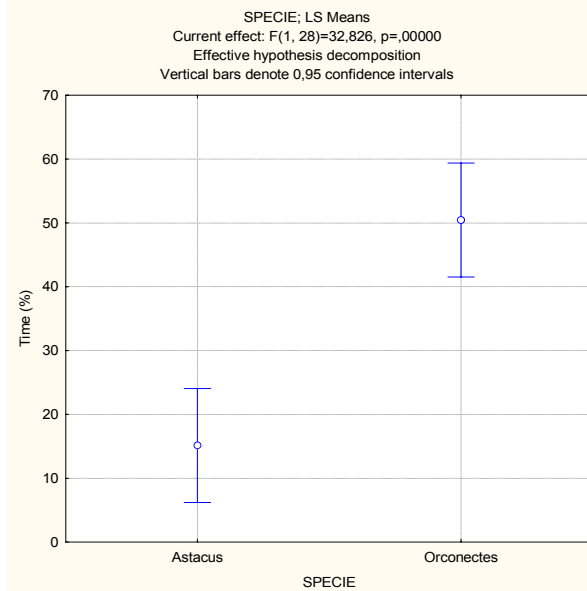
4. Výsledky

4.1 Porovnání aktivity raka říčního a raka pruhovaného

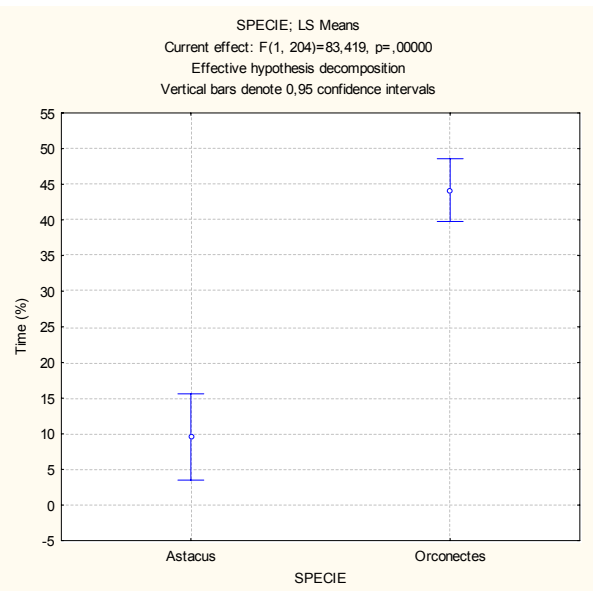
Tab.1: Průměrná aktivita raků v kontrole (bez přítomnosti predátora) v % času z 12 hodinové a celkové 24 hodinové aktivity

	<i>Astacus astacus</i> kontrola – čas strávený mimo úkryt (%)	<i>Orconectes limosus</i> kontrola – čas strávený mimo úkryt (%)
den	7,82±3,92	49,5±2,42
noc	22,4±3,59	53,3±4,93
celkem	15,1±8,22	51,4±4,33

Graf 1: Rozdíl v celkové aktivitě raka říčního a raka pruhovaného v kontrolách



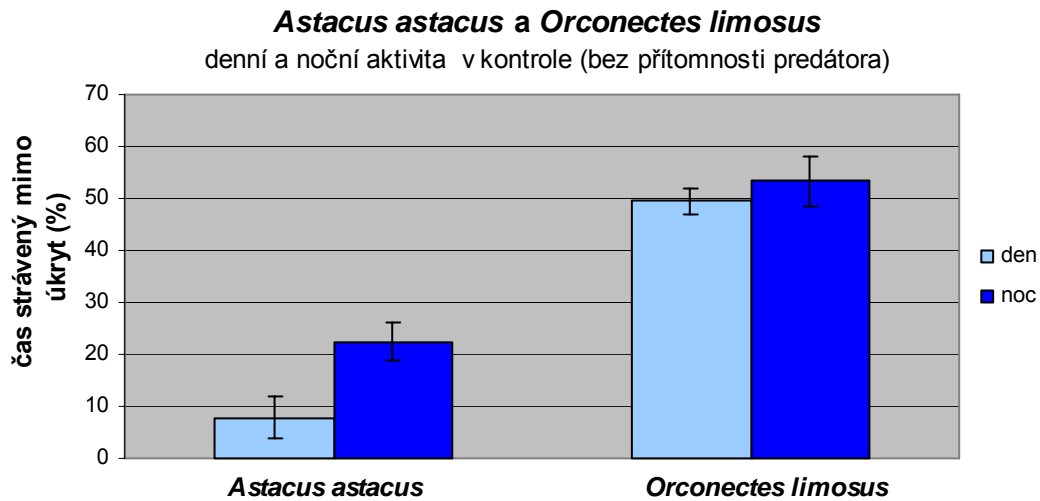
Graf 2: Rozdíl v celkové aktivitě raka říčního a raka pruhovaného v rámci všech variant



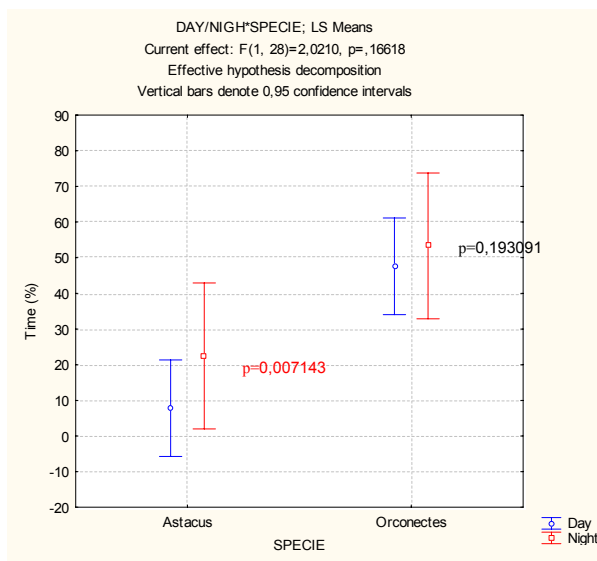
Celkovou aktivitu jednotlivých druhů můžeme vidět v tab. 1. Mezi aktivitou obou druhů je výrazný rozdíl jak v kontrolách ($p=0,000004$; graf 1), tak i v rámci všech variant ($p=1,110223 \cdot 10^{-16}$; graf 2). Rak pruhovaný trávil výrazně více času mimo úkryt než rak říční.

Denní a noční aktivita je v kontrolách (tab. 1; graf 3.) rozdílná co se týče druhů. U raka říčního je prokazatelný rozdíl mezi dnem a nocí ($p=0,007143$; graf 4), kdy je tento druh aktivní převážně v noci, zatímco rak pruhovaný tráví víceméně stejně času mimo úkryt ve dne i v noci ($p=0,193091$; graf 4). Stejný model platil pro oba druhy i v rámci všech variant experimentu (graf 5).

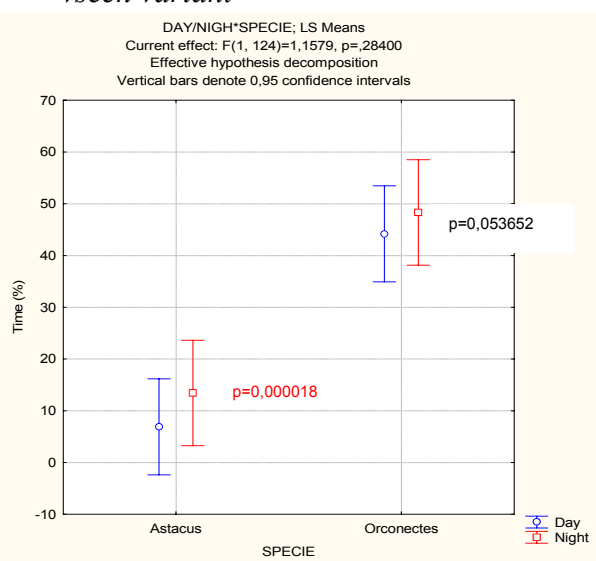
Graf 3: Průměrná denní a noční aktivita raku v kontrole (bez přítomnosti predátora) v % času z 12 hodinové aktivity



Graf 4: Rozdíl v denní a noční aktivitě raka říčního a raka pruhovaného v kontrolách



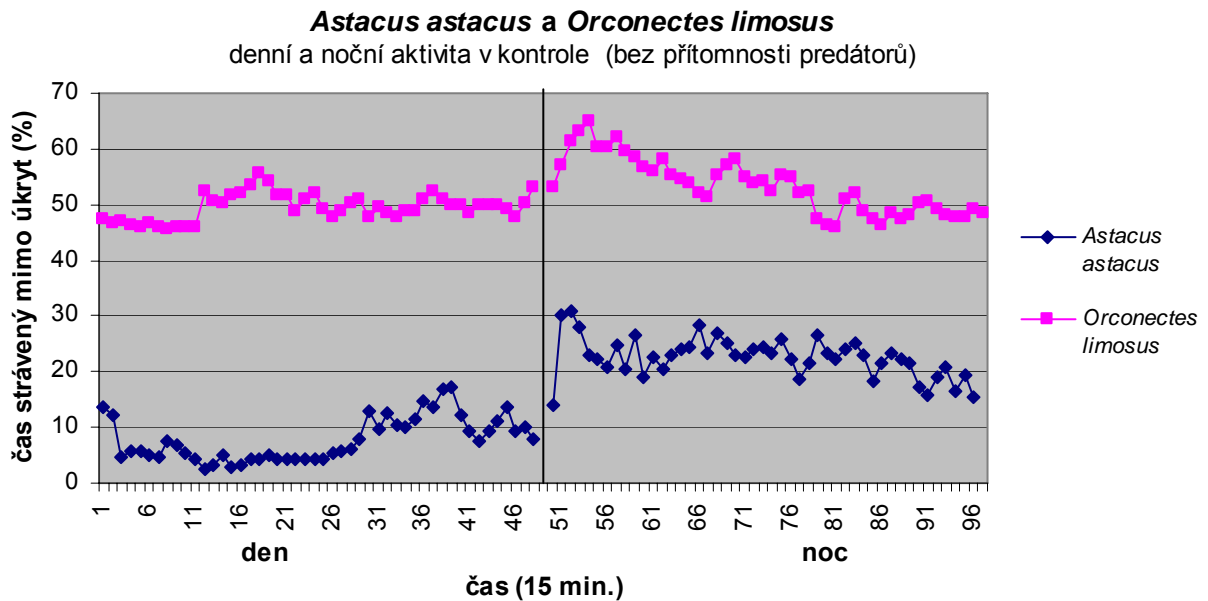
Graf 5: Rozdíl denní a noční aktivity raka říčního a raka pruhovaného v rámci všech variant



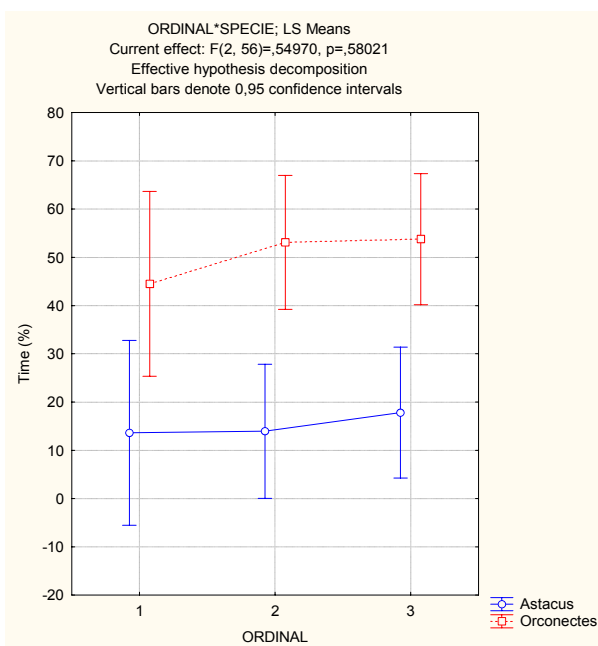
Aktivita v kontrolách vrcholila u obou druhů krátce po přechodu na režim „noc“ (graf 6), mezi 20 a 21 hodinou u raka říčního a mezi 20 a 22 hodinou u raka pruhovaného. V ostatních variantách se u raka říčního někdy vyskytoval ještě druhý vrchol (varianta se sumcem a úhořem) mezi 4 a 5 hodinou. Ve variantě se sumcem byl vrchol kolem půlnoci a druhý mezi 4 a 5 hodinou. U raka pruhovaného byl v ostatních variantách vrchol dosažen zpravidla po soumraku. Ve variantě se sumcem byl vrchol dosažen kolem 6 hodiny ránní a ve variantě s mníkem byla maximální aktivita přes den mezi 12 a 17 hodinou (přílohy 9.2). V polykulturní obsádce mohly být vrcholy aktivity ovlivněny prostorovou kompeticí (kapitola 4.3; graf 24).

U žádného z druhů nebyl v kontrolách prokázán rozdíl v aktivitě v jednotlivých opakováních (graf 7), stejně tak ani v rámci všech variant experimentu (graf 8; přílohy 55; 56). Tabulky všech výsledků statistických analýz pro tuto kapitolu jsou uvedeny v přílohách 9.3.1.

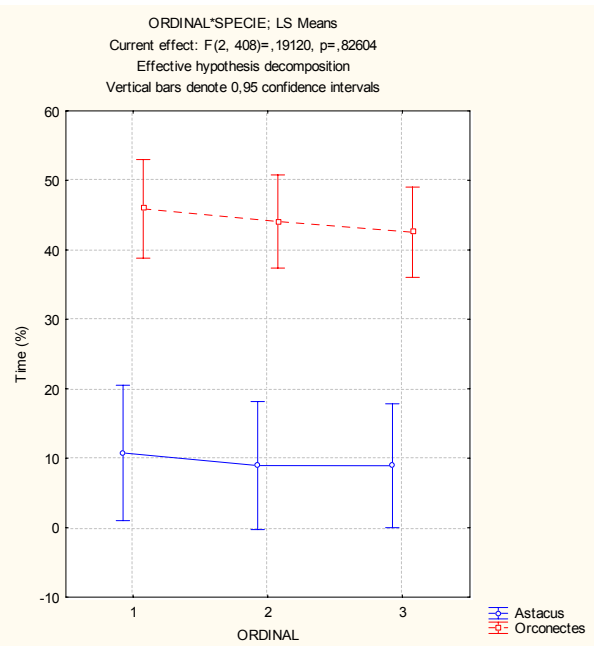
Graf 6: Průběh denní a noční aktivity raka říčního a raka pruhovaného v kontrole (bez přítomnosti predátora)



Graf 7: Rozdíl celkové aktivity raka říčního a raka pruhovaného v kontrolách v jednotlivých opakováních



Graf 8: Rozdíl celkové aktivity raka říčního a raka pruhovaného v rámci všech variant v jednotlivých opakováních

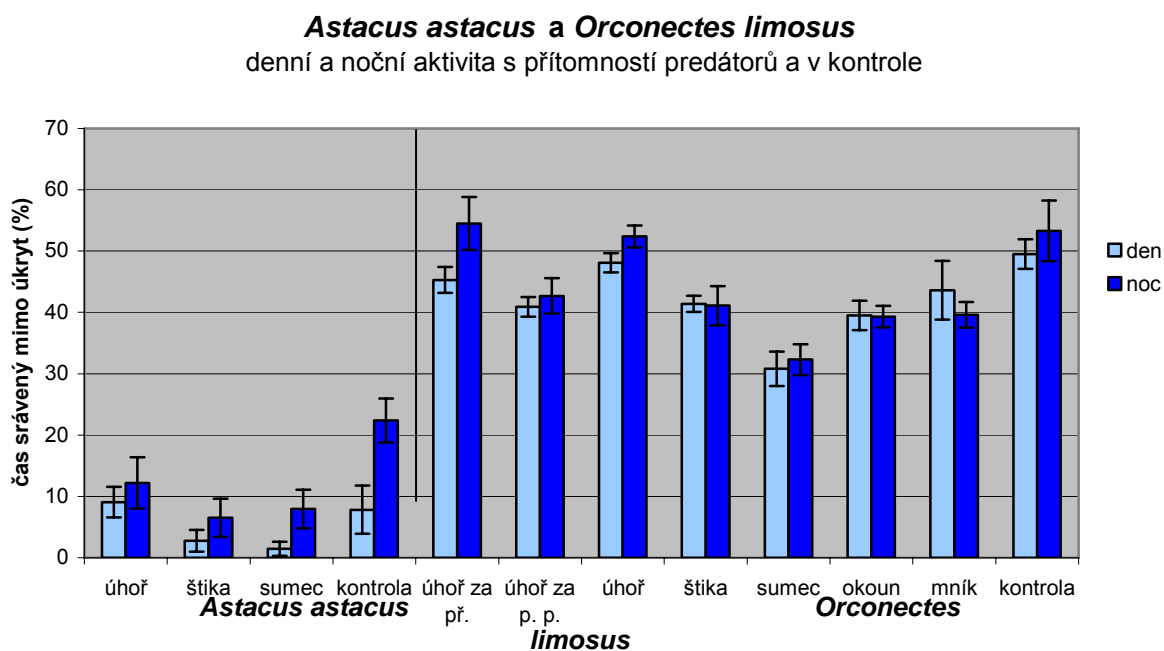


4.2 Reakce na rybí predátory

Tab. 2: Průměrná aktivita raka říčního a raka pruhovaného za přítomnosti predátorů v % z 12 hodinové a celkové 24 hodinové aktivity

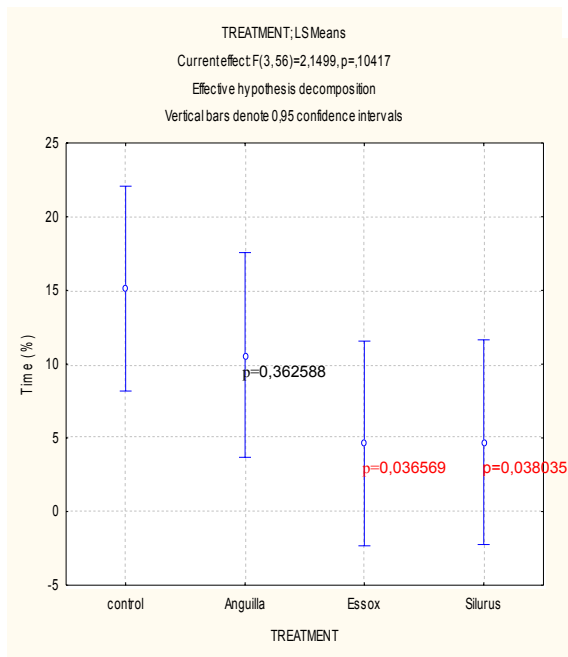
<i>Astacus astacus</i>	úhoř čas strávený mimo úkryt (%)	štika čas strávený mimo úkryt (%)	sumec čas strávený mimo úkryt (%)	kontrola čas strávený mimo úkryt (%)
den	9,06±2,51	2,76±1,76	1,47±1,14	7,82±3,92
noc	12,2±4,21	6,5±3,11	7,95±3,15	22,4±3,59
celkem	10,6±3,8	4,63±3,14	4,71±4,01	15,1±8,22
<i>Orconectes limosus</i>	úhoř za přep. čas strávený mimo úkryt (%)	úhoř za průhl. př. čas strávený mimo úkryt (%)	úhoř čas strávený mimo úkryt (%)	štika čas strávený mimo úkryt (%)
den	45,3±2,09	40,9±1,62	48,1±1,55	41,4±1,33
noc	54,5±4,33	42,7±2,88	52,4±1,79	41,1±3,21
celkem	49,9±5,74	41,8±2,51	50,3±2,73	41,2±2,46
<i>Orconectes limosus</i>	sumec čas strávený mimo úkryt (%)	okoun čas strávený mimo úkryt (%)	mník čas strávený mimo úkryt (%)	kontrola čas strávený mimo úkryt (%)
den	30,9±2,81	39,5±2,41	43,6±4,08	49,5±2,42
noc	32,3±2,52	39,3±1,47	39,6±2,1	53,3±4,93
celkem	31,6±2,78	39,4±2,1	41,6±3,79	51,4±4,33

Graf 9: Průměrná denní a noční aktivita raka říčního a raka pruhovaného za přítomnosti rybích predátorů a v kontrole v % 12 hodinové aktivity

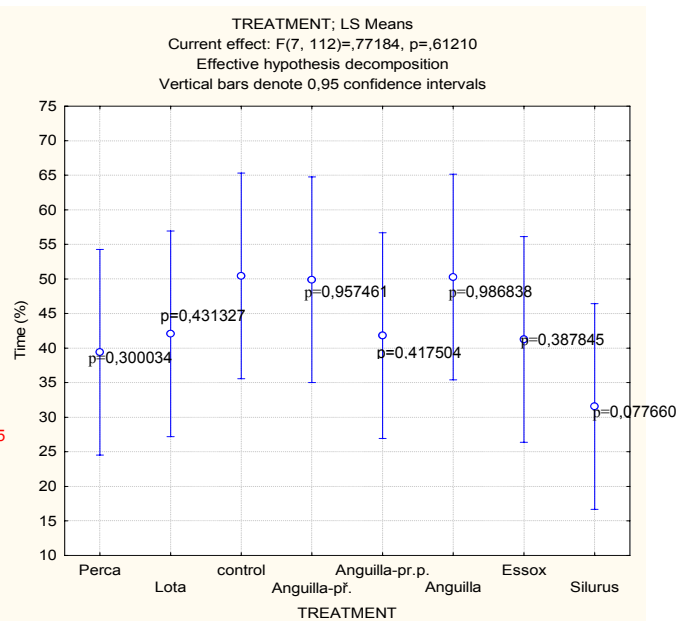


V celkové aktivitě raka říčního (tab. 2) byly prokázány rozdíly ve variantě se štikou ($p=0,036569$) a sumcem ($p=0,038035$) ve srovnání s kontrolou (graf. 10), zatímco aktivita ve variantě s úhořem se výrazně nelišila. V celkové aktivitě raka pruhovaného (tab. 2) nebyly mezi jednotlivými variantami prokázány statisticky významné rozdíly (graf. 11).

Graf 10: Rozdíly celkové aktivity raka říčního za přítomnosti predátora od kontroly



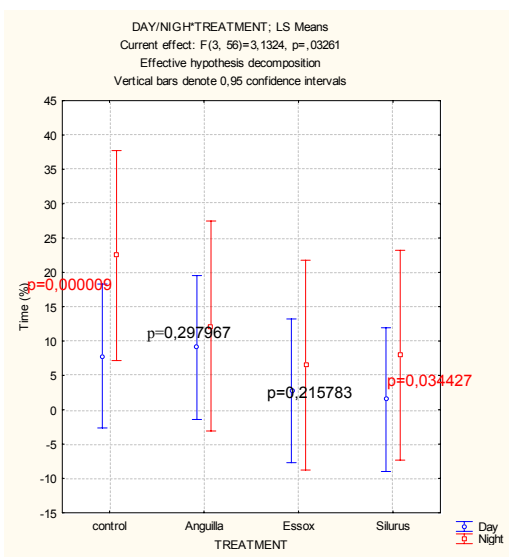
Graf 11: Rozdíly celkové aktivity raka pruhovaného za přítomnosti predátora od kontroly



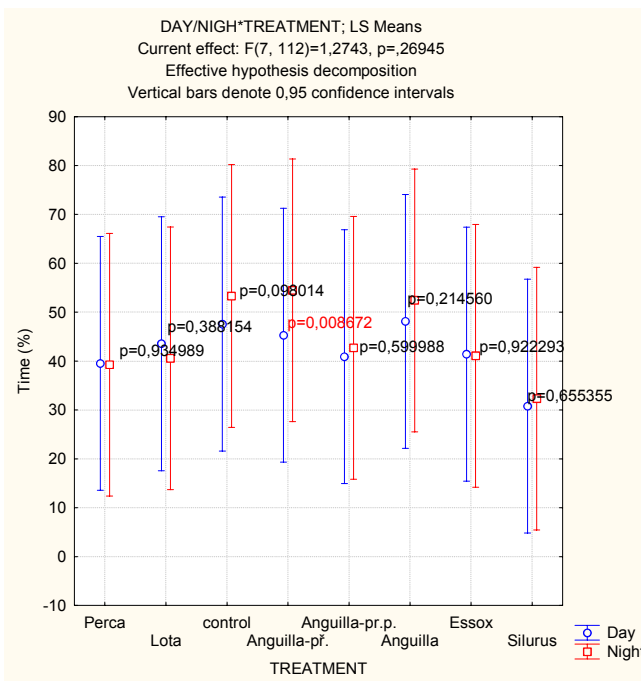
V denní a noční aktivitě raka říčního nebyl prokázán rozdíl ve variantě s úhořem ($p=0,297967$; graf 12) a štikou ($p=0,215783$; graf 12). Denní a noční aktivita raka pruhovaného podobně jako v kontrole, byla bez rozdílů ($p=0,053652$) kromě varianty s úhořem za přepážkou ($p=0,008672$; graf 13), kdy raci trávili více času mimo úkryt v noci.

V aktivitě raků se v jednotlivých opakováních neprokázaly statisticky významné rozdíly, jen u raka pruhovaného ve variantě se sumcem (graf 14 a 15; přílohy 61; 62).

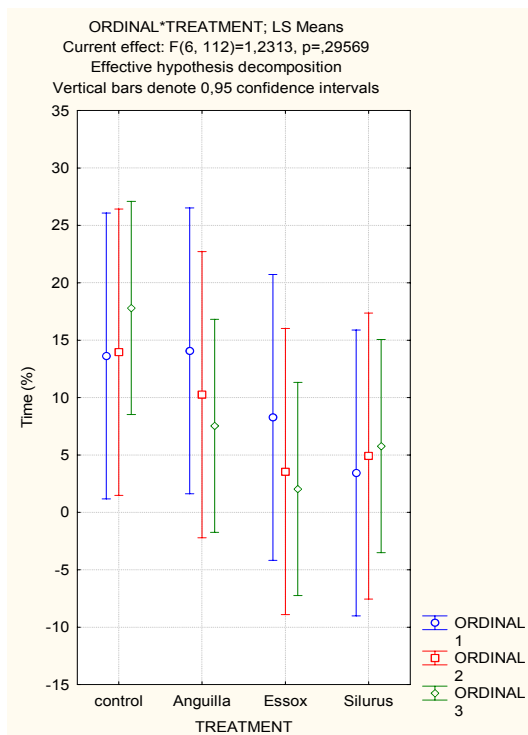
Graf 12: Rozdíly denní a noční aktivity raka říčního za přítomnosti predátora a v kontrole



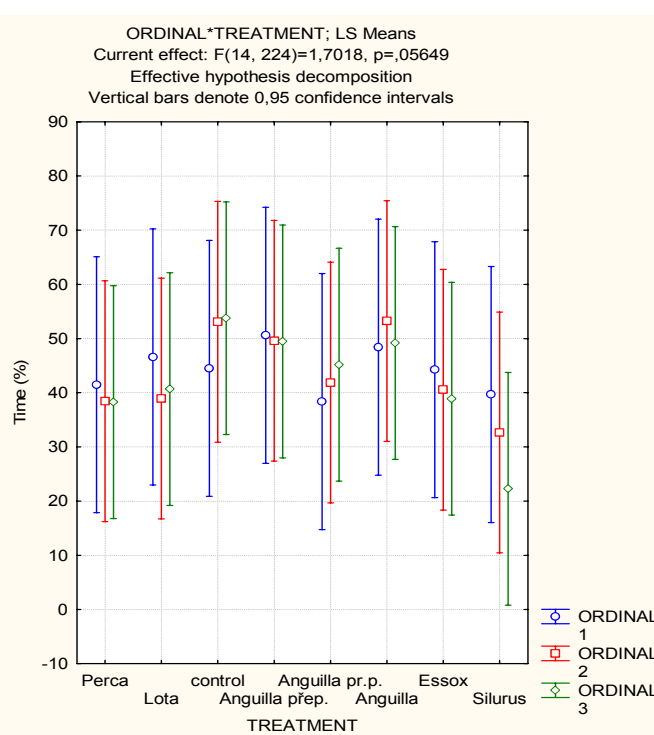
Graf 13: Rozdíly denní a noční aktivity raka pruhovaného za přítomnosti predátora a v kontrole



Graf 14: Rozdíly celkové aktivity raka říčního za přítomnosti predátora a v kontrole v jednotlivých opakováních



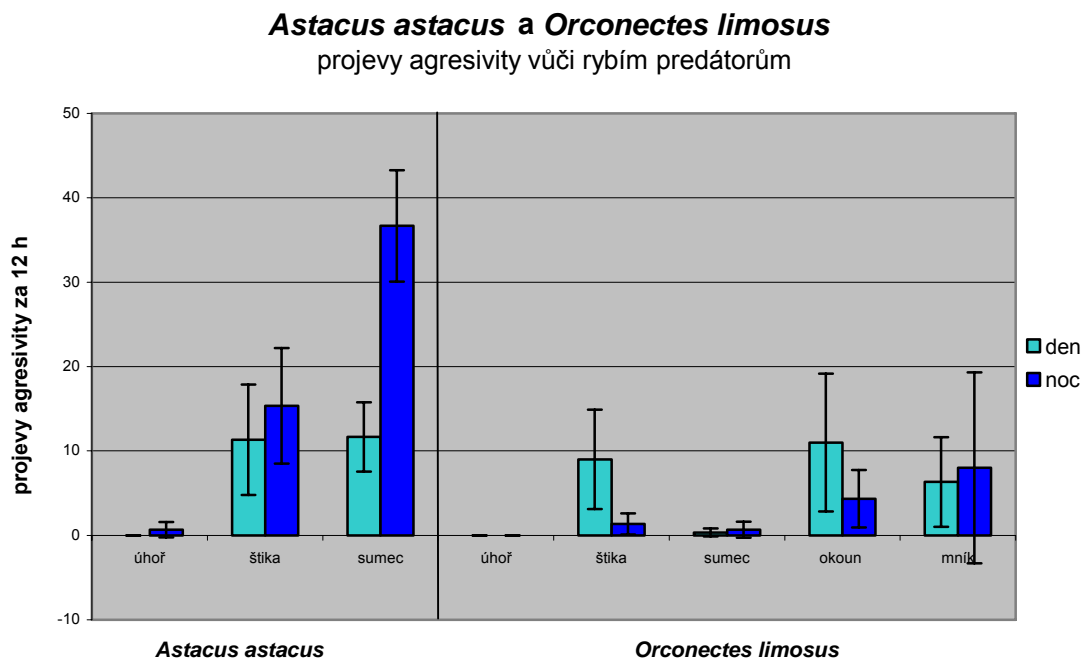
Graf 15: Rozdíly celkové aktivity raka pruhovaného za přítomnosti predátora a v kontrole v jednotlivých opakováních



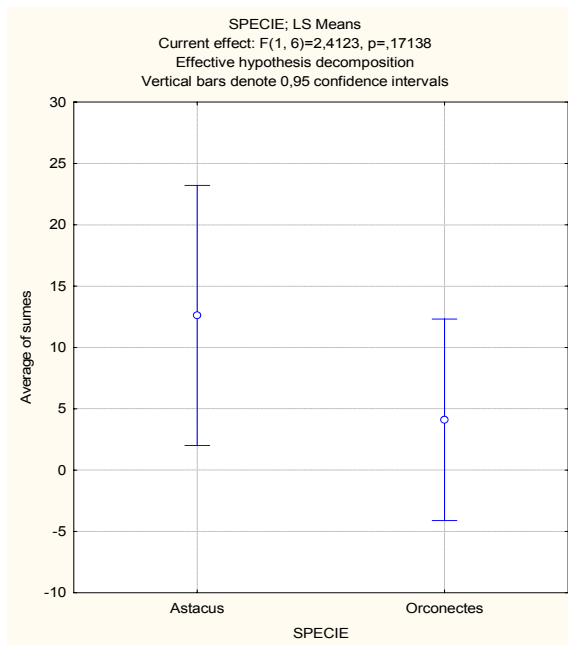
Během experimentu se kromě jedné situace s úhořem neobjevila u ryb snaha predovat na racích. Pouze mimo experiment bylo v obsádce s úhořem nalezeno v úkrytech několik částí čerstvě svlékнутých raků, ale není jasné, zda se nejednalo o kanibalismus. Naopak ze strany raků byly zaznamenány agresivní interakce vůči predátorům (graf 16) (pronásledování, hrozba, útok, okusování atd.). V tomto směru se co do počtu agresivních projevů druhy raků mezi sebou prokazatelně nelišily ($p=0,171378$, graf 17). U žádného druhu se nepodařilo prokázat ani rozdíl mezi dnem a nocí (graf 18). Predátoři se bránili jen velmi laxně např. únikem a svým pohybem zahnali několik raků do úkrytu, pouze u sumce se v několika případech objevila aktivnější obrana čelistmi ve variantách s rakem říčním i pruhovaným. Úhoř se většinu času schovával v zóně úkrytu a svou přítomností často vyháněl raky do volné zóny, což je patrné z grafů 9; 10 a 11

Z výsledků regresní analýzy vyplývá, že agresivita raků vůči rybím predátorům nevykazuje lineární závislost na aktivitě u žádného z druhů ($r^2 < 0,85$; graf 19 a 20) a vykazuje dokonce zápornou korelaci. Tabulky všech výsledků statistických analýz pro tuto kapitolu jsou uvedeny v přílohách 9.3.2.

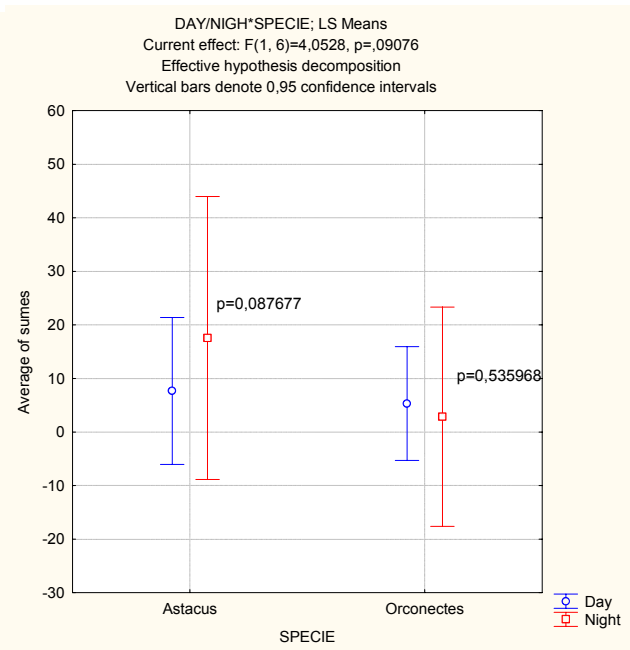
Graf 16: Počet projevů agresivity raka říčního a raka pruhovaného vůči rybím predátorům



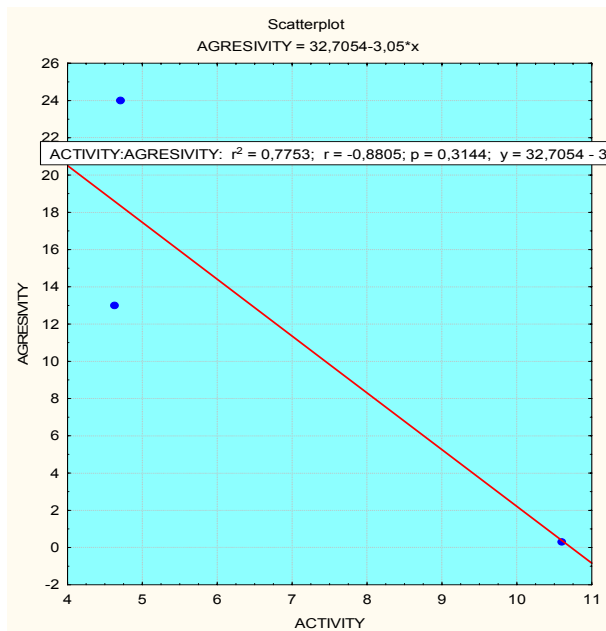
Graf 17: Rozdíl v agresivitě raka říčního a raka pruhovaného vůči predátorům



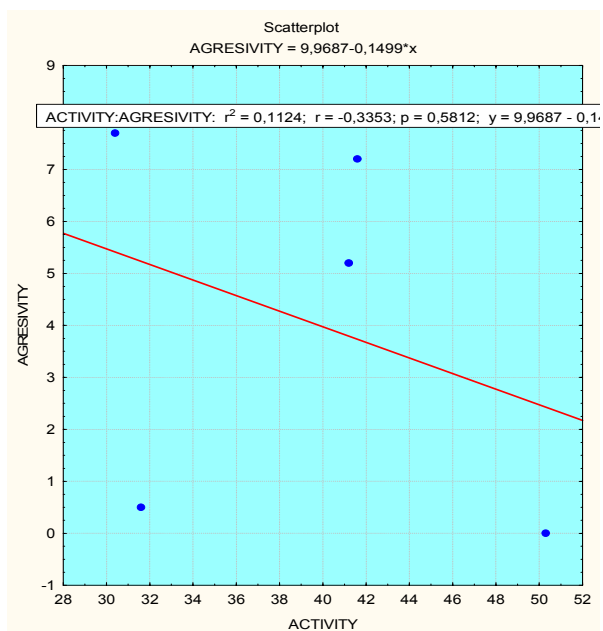
Graf 18: Rozdíl v agresivitě raka říčního a raka pruhovaného vůči predátorům během dne a noci



Graf 19: Závislost agresivity raka říčního vůči predátorům na aktivitě



Graf 20: Závislost agresivity raka pruhovaného vůči predátorům na aktivitě

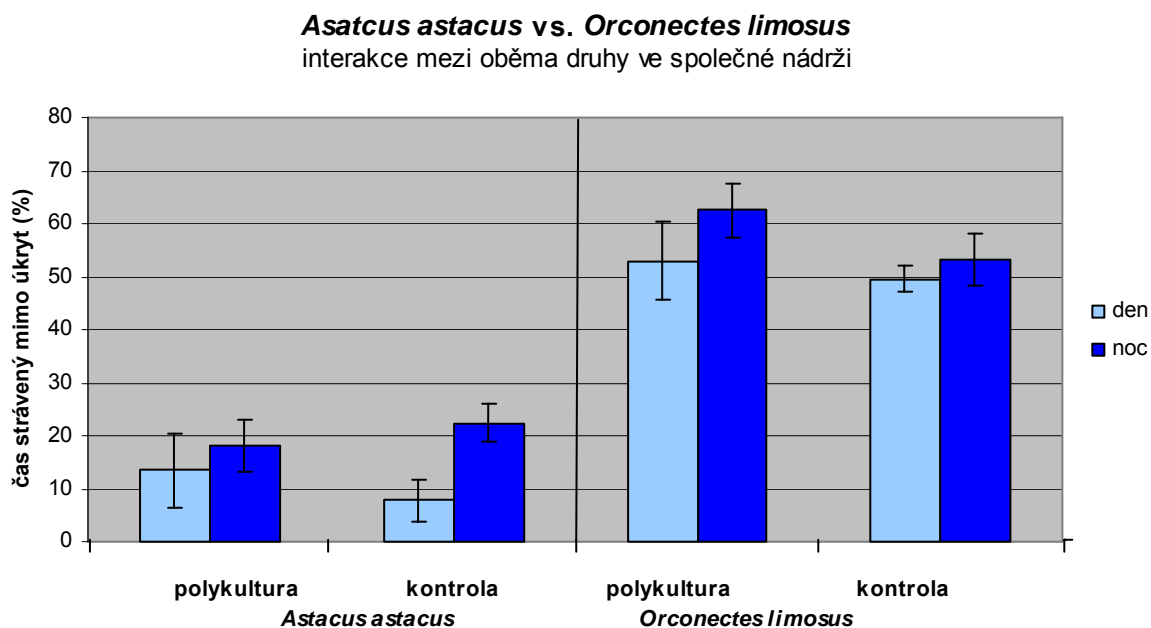


4.3 Mezidruhové interakce

Tab. 3. Průměrná aktivita raka říčního a raka pruhovaného v polykultuře a v kontrole v % 12 hodinové a celkové 24 hodinové aktivity

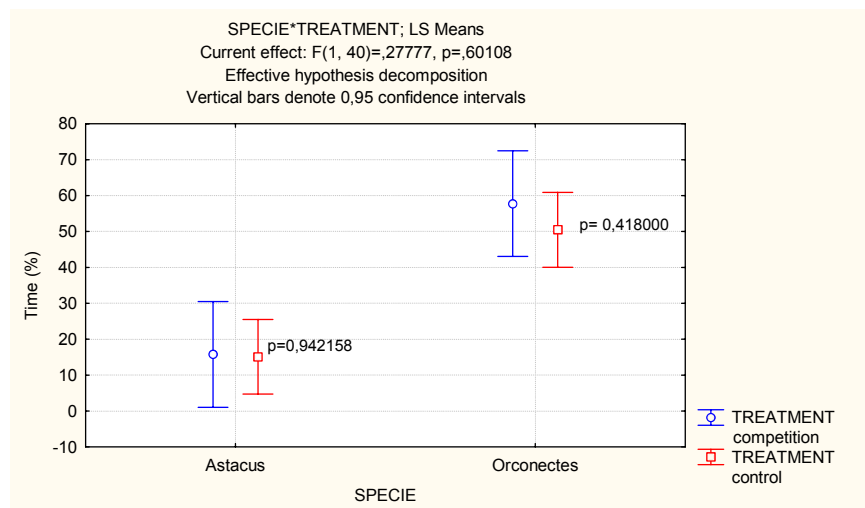
<i>Astacus astacus</i>	<i>Astacus vs. Orconectes</i> čas strávený mimo úkryt (%)	kontrola čas strávený mimo úkryt (%)
den	13,5±7,09	7,82±3,92
noc	18,1±4,89	22,4±3,59
celkem	15,8±6,38	15,1±8,22
<i>Orconectes limosus</i>	<i>Astacus vs. Orconectes</i> čas strávený mimo úkryt (%)	kontrola čas strávený mimo úkryt (%)
den	53,0±7,21	49,5±2,42
noc	62,5±4,99	53,3±4,93
celkem	57,7±7,81	51,4±4,33

Graf 21: Průměrná denní a noční aktivita raka říčního a raka pruhovaného v polykultuře a kontrole v % 12 hodinové aktivity



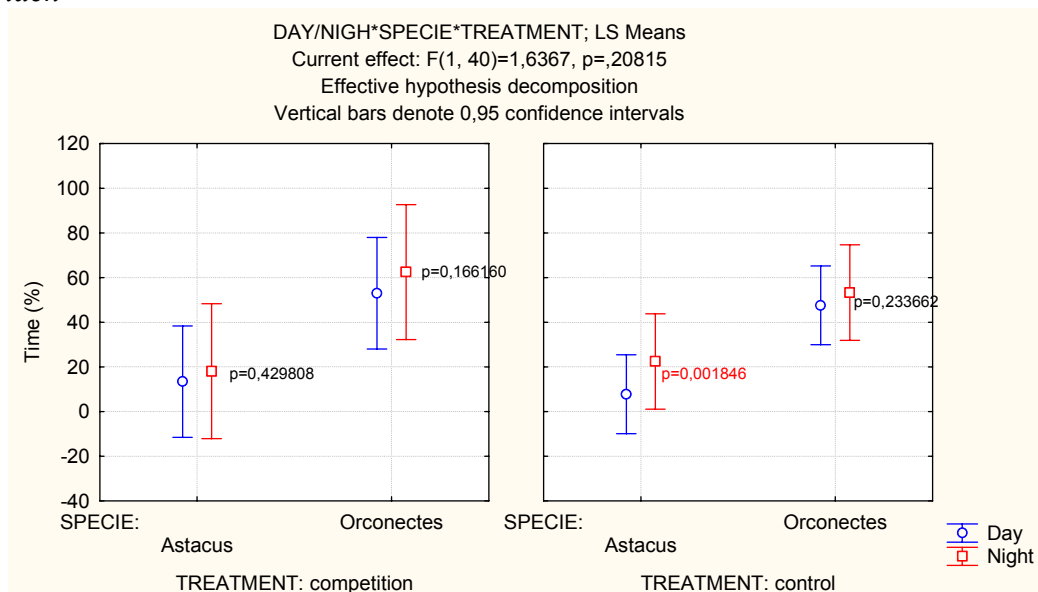
Celková aktivita v polykultuře (tab.3) se ani u raka říčního ($p=0,942158$; graf 22), ani u raka pruhovaného ($p=0,418000$; graf 22) významně nelišila od kontrol. Stejně jako v ostatních variantách experimentu je zde výrazný rozdíl v aktivitě mezi druhy, kdy rak pruhovaný tráví výrazně více času mimo úkryt než rak říční ($p= 0,000211$).

Graf 22: Rozdíly celkové aktivity raka říčního a raka pruhovaného v polykultuře a v kontrole



Denní a noční aktivita (tab. 3; graf 21) se u raka říčního na rozdíl od kontroly výrazně nelišila ($p=0,429808$; graf 23). U raka pruhovaného se podobně jako v kontrole neprokázal významný rozdíl mezi dnem a nocí ($p=0,166160$; graf 23).

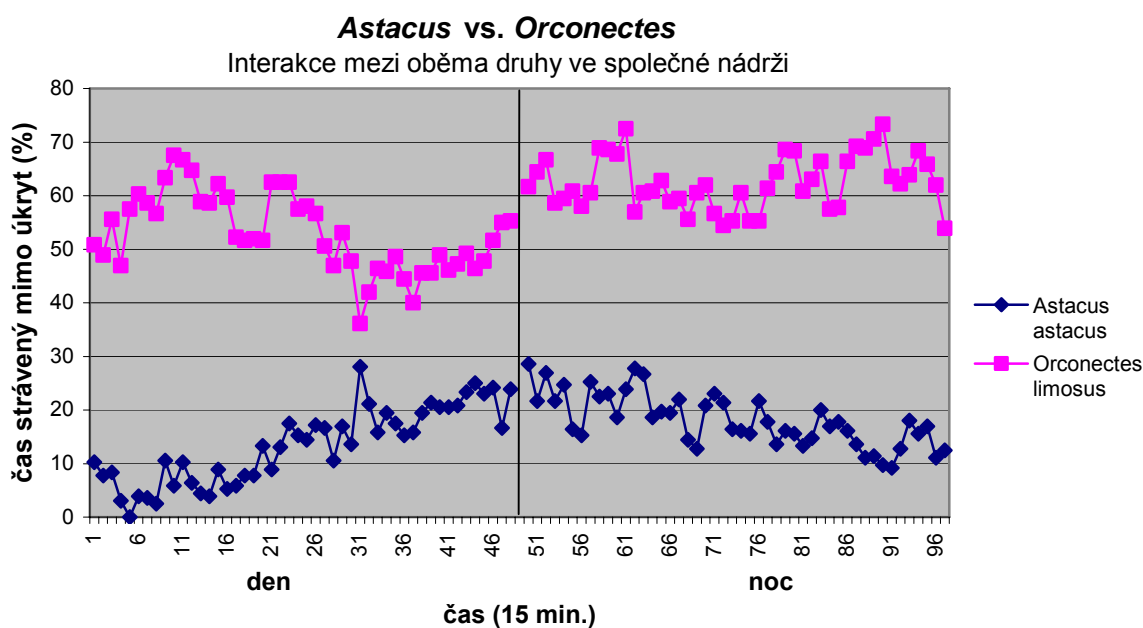
Graf 23: Rozdíly denní a noční aktivity raka říčního a raka pruhovaného v polykultuře a v kontrolách



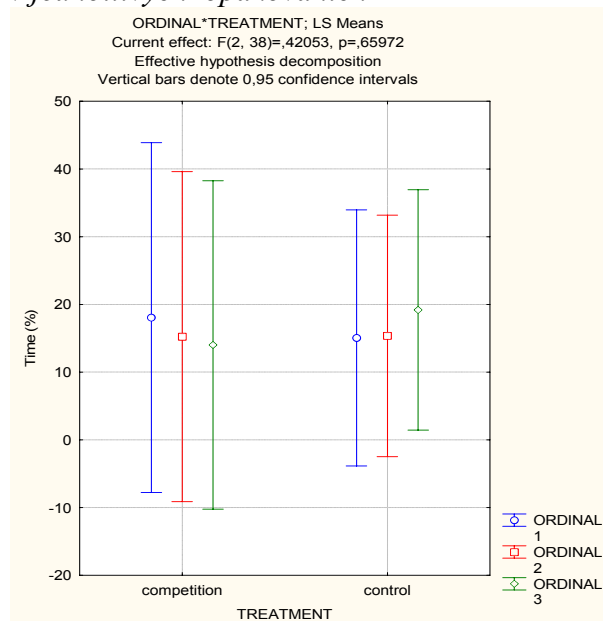
Prostorová kompetice je patrná na průběhu denní a noční aktivity (graf 24), kde zvyšováním aktivity jednoho druhu se snižuje aktivita druhého.

U raka říčního, podobně jako v kontrole, nebyly zjištěny rozdíly celkové aktivity v jednotlivých opakováních (graf 25), zatímco u raka pruhovaného na rozdíl od kontroly a většiny ostatních variant byl nalezen rozdíl (graf 26). Počet jedinců, nacházejících se mimo úkryt se během této varianty experimentu snižoval (přílohy 68; 69). Tabulky všech výsledků statistických analýz pro tuto kapitolu jsou uvedeny v přílohách 9.3.3.

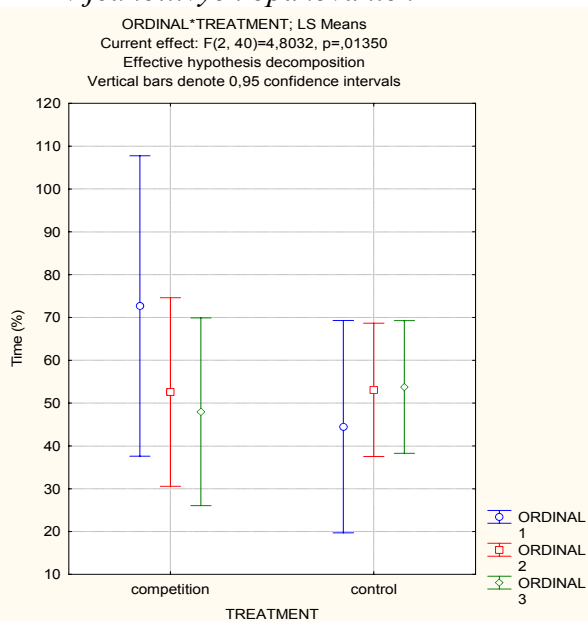
Graf 24: Průběh denní a noční aktivity raka říčního a raka pruhovaného v polykultuře



Graf 25: Rozdíly v celkové aktivitě raka říčního v kontrole a v polokultuře v jednotlivých opakováních



Graf 26: Rozdíly v celkové aktivitě raka pruhovaného v kontrole a v polykultuře v jednotlivých opakováních



4.4 Rozdíly individuální a rozdíly dle pohlaví

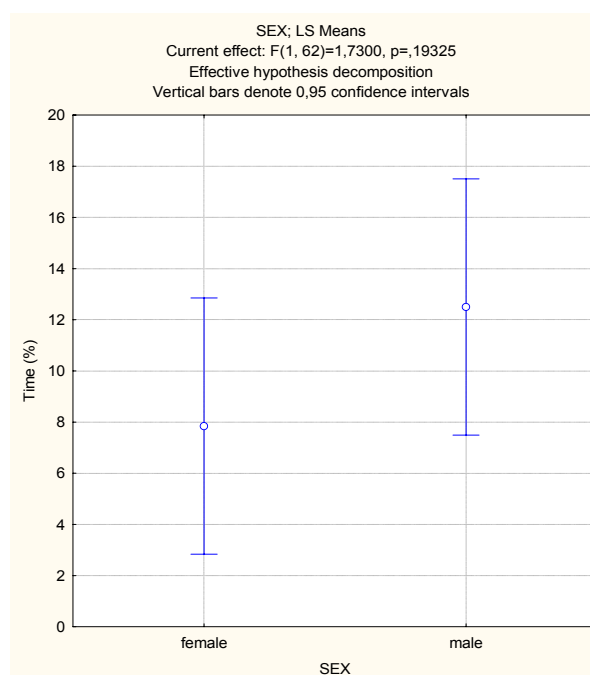
V aktivitě raka říčního se ani v rámci všech variant ($p=0,193251$; graf 27) ani v jednotlivých variantách experimentu (graf 29) nepodařilo prokázat žádný statisticky významný rozdíl dle pohlaví. Samečci a samičky tráví mimo úkryt přibližně stejnou dobu.

Rak pruhovaný vykazuje značný rozdíl v aktivitě dle pohlaví v rámci všech experimentů ($p=0,000000$; graf 28), i v každém experimentu zvlášť (graf 30), kromě varianty v polykultuře, kde se neprokázal rozdíl. Samičky tohoto druhu tráví výrazně více času mimo úkryt.

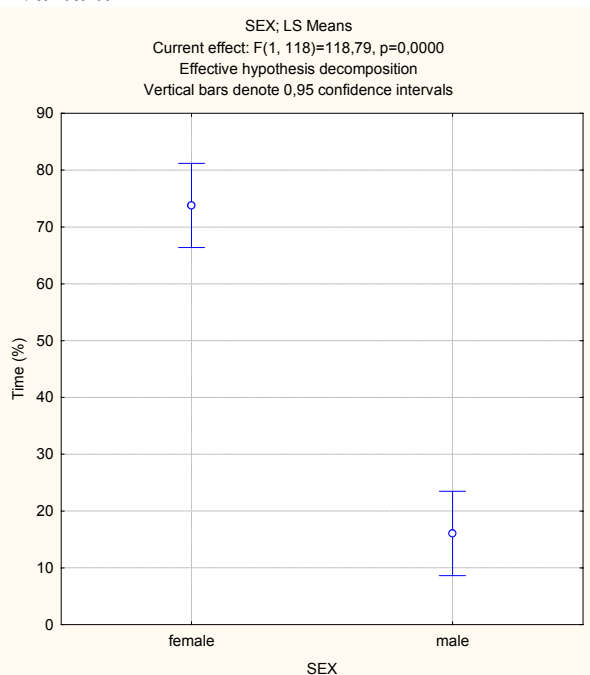
U obou druhů se vyskytlo určité procento jedinců, kteří po dobu experimentů prakticky neopustili úkryt, jen v okrajových případech (např. při vyrušení) a pouze na velmi krátkou dobu. Na rozdíl od raka říčního (příklad 1) byli ve společenstvu raka pruhovaného jedinci, kteří po dobu trvání jednotlivých experimentů úkryt vůbec nevyhledávali. Jednalo se vždy téměř bez výjimky o samičky (příklad 2) (přílohy 9.2).

U raka říčního se v rámci experimentu objevili jedinci, kteří se svlékali mimo úkryt i poměrně daleko od úkrytu (cca 70 cm), ale i v úkrytu. U raka pruhovaného probíhaly ekdyse v úkrytu. Velice individuální a sexuálně specifická byla i intenzita agresivních interakcí (kap. 4.5). Tabulky všech výsledků statistických analýz pro tuto kapitolu jsou uvedeny v přílohách 9.3.4.

Graf 27: Rozdíl celkové aktivity raka říčního dle pohlaví v rámci všech variant



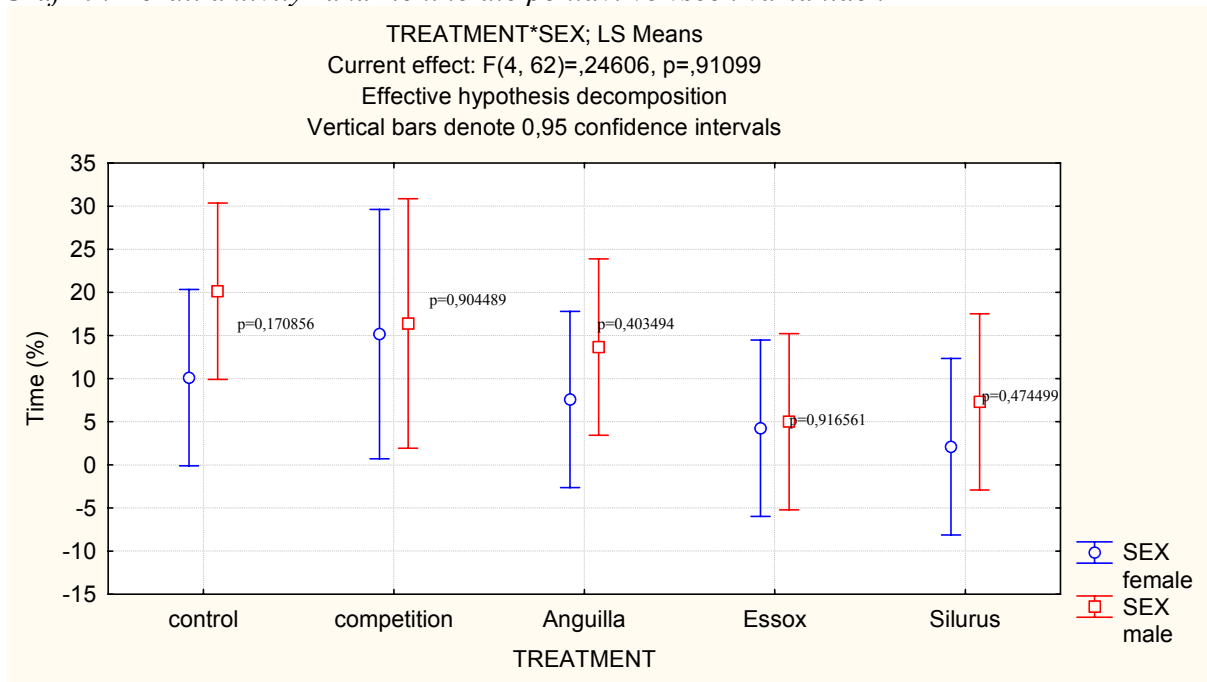
Graf 28: Rozdíl celkové aktivity raka pruhovaného dle pohlaví v rámci všech variant



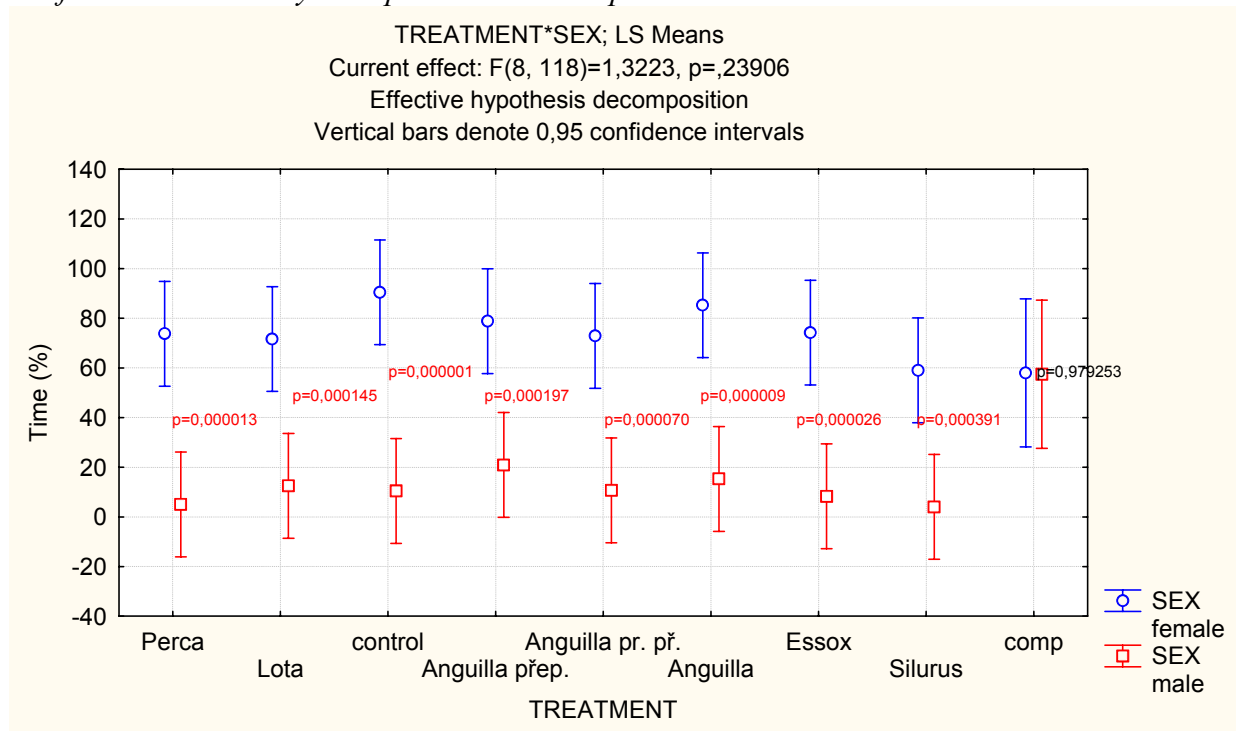
Tab. 4: Aktivita raka říčního a raka pruhovaného v závislosti na pohlaví v % 12 hodinové a celkové 24 hodinové aktivity

<i>Astacus astacus</i>	kontrola čas strávený mimo úkryt (%)		úhoř čas strávený mimo úkryt (%)		štika čas strávený mimo úkryt (%)		sumec čas strávený mimo úkryt (%)		polykultura čas strávený mimo úkryt (%)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
den	3,17 ± 7,79	12,5 ± 2,41	6,51 ± 12,4	11,61 ± 24,4	2,83 ± 7,80	2,68 ± 19,0	0,59 ± 1,80	2,35 ± 4,80	13,3 ± 22,2	13,6 ± 22,6
noc	17,1 ± 20,4	27,8 ± 37,4	8,66 ± 12,6	18,2 ± 25,8	5,66 ± 4,98	7,33 ± 12,0	3,62 ± 6,27	12,3 ± 15,6	17,0 ± 26,6	19,2 ± 22,9
celkem	10,1 ± 16,9	20,1 ± 30,8	7,58 ± 12,5	13,7 ± 25,2	4,24 ± 14,6	5,01 ± 9,46	2,11 ± 4,85	7,31 ± 12,6	15,2 ± 24,6	16,4 ± 22,9
<i>Orc. limosus</i>	kontrola čas strávený mimo úkryt (%)		úhoř za přep. čas strávený mimo úkryt (%)		úhoř za pr. př. čas strávený mimo úkryt (%)		úhoř čas strávený mimo úkryt (%)		štika čas strávený mimo úkryt (%)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
den	91,1 ± 26,4	4,09 ± 8,99	76,8 ± 39,3	13,8 ± 24,0	75,2 ± 43,0	6,66 ± 18,4	83,1 ± 37,2	13,1 ± 28,4	74,8 ± 43,2	8,04 ± 17,3
noc	89,9 ± 25,1	16,8 ± 26,0	80,9 ± 34,5	28,1 ± 32,7	70,6 ± 45,3	14,8 ± 28,4	83,3 ± 33,0	17,5 ± 30,8	73,7 ± 43,0	8,50 ± 14,1
celkem	90,5 ± 25,8	10,4 ± 20,4	78,8 ± 37,1	20,9 ± 29,6	72,9 ± 44,2	10,7 ± 24,3	85,2 ± 35,2	15,3 ± 29,7	74,22 ± 43,1	9,62 ± 15,8
<i>Orc. limosus</i>	sumec čas strávený mimo úkryt (%)		okoun čas strávený mimo úkryt (%)		mník čas strávený mimo úkryt (%)		polykultura čas strávený mimo úkryt (%)			
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂		
den	58,0 ± 46,5	3,52 ± 11,9	72,6 ± 42,1	6,49 ± 17,2	70,1 ± 42,0	17,0 ± 21,7	51,1 ± 33,7	54,9 ± 40,1		
noc	60,1 ± 47,6	4,53 ± 8,34	74,9 ± 43,3	3,56 ± 7,08	73,2 ± 42,5	7,91 ± 13,7	64,9 ± 25,0	60,1 ± 40,1		
celkem	59,1 ±4 7,1	4,03 ± 10,3	73,8 ± 42,7	5,03 ± 13,2	71,7 ± 42,3	12,5 ± 18,7	58,0 ± 30,4	57,5 ± 40,1		

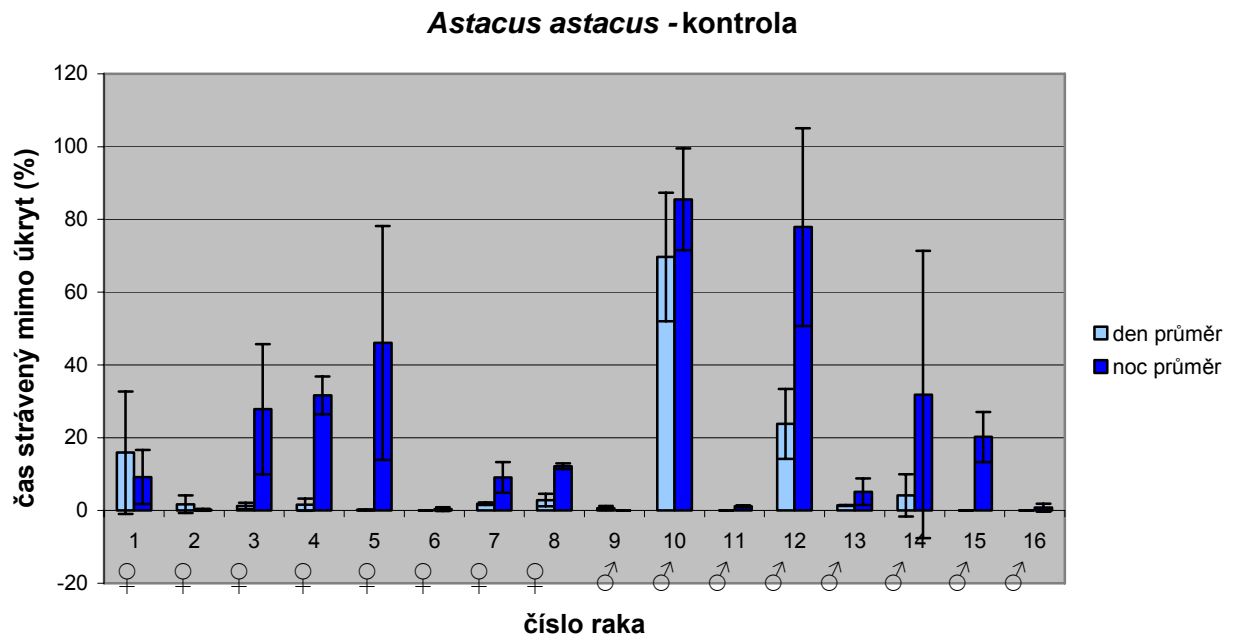
Graf 29: Rozdíl aktivity raka říčního dle pohlaví ve všech variantách



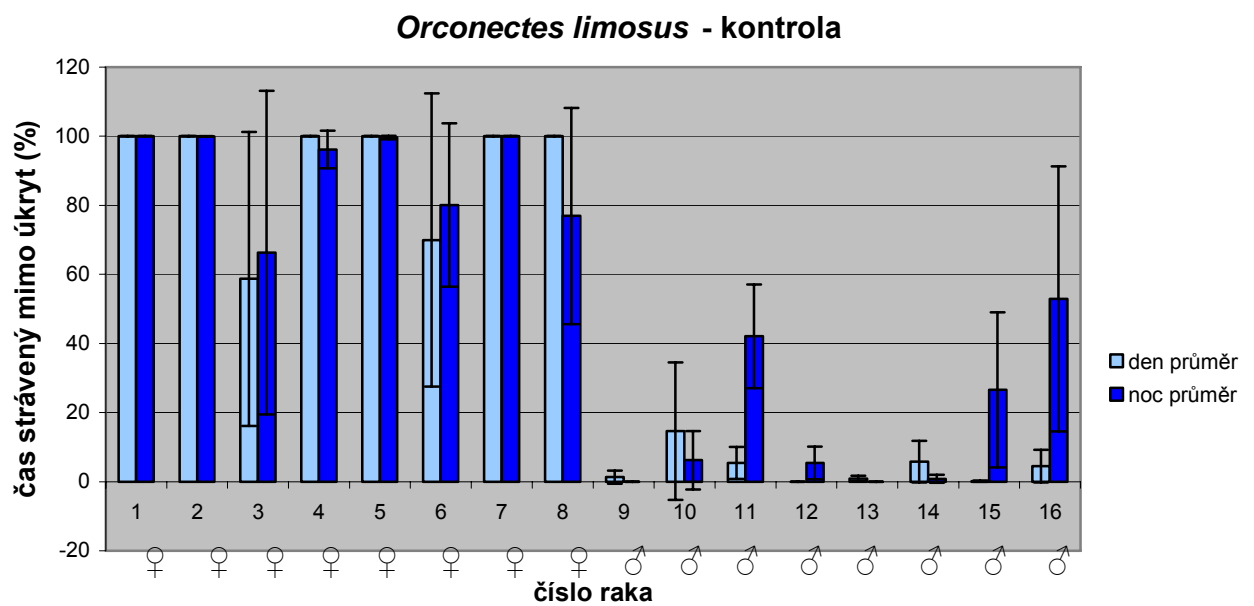
Graf 30: Rozdíl aktivity raka pruhovaného dle pohlaví ve všech variantách



Příklad 1: Průměrná denní a noční aktivita samečků a samic raka říčního v kontrole v % 12 hodinové aktivity

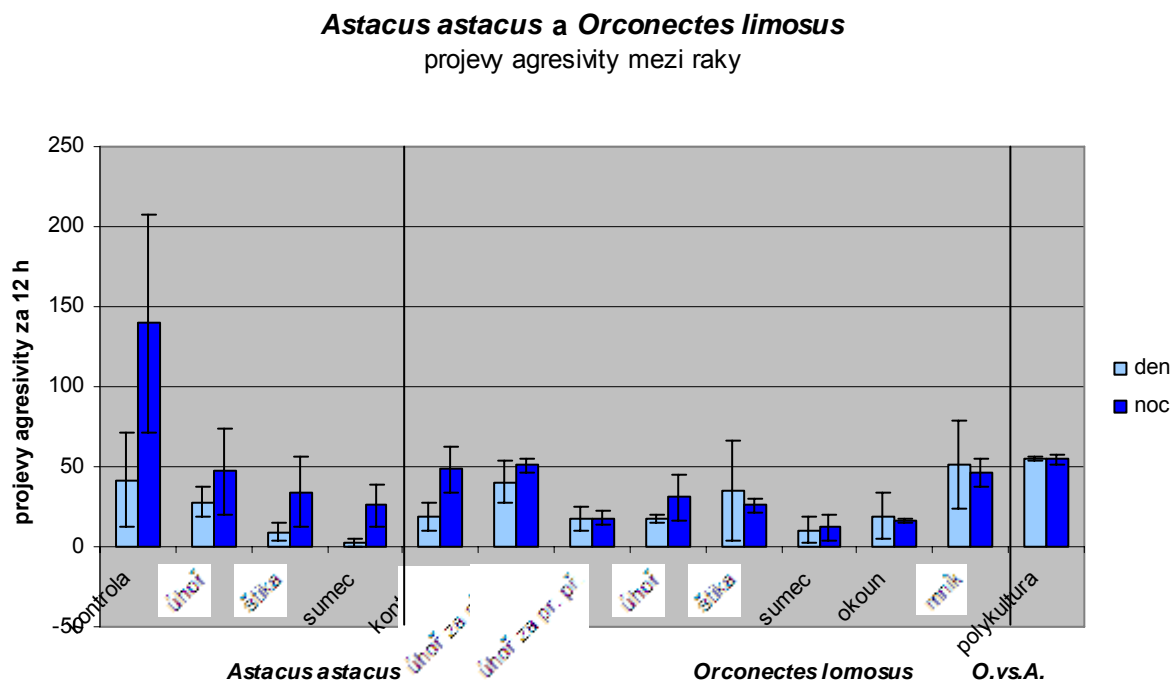


Příklad 2: Průměrná denní a noční aktivita samečků a samic raka pruhovaného v kontrole v % 12 hodinové aktivity



4.5 Vnitrodruhové interakce

Graf 31: Počet projevů agresivity raka říčního a raka pruhovaného uvnitř druhů ve všech variantách

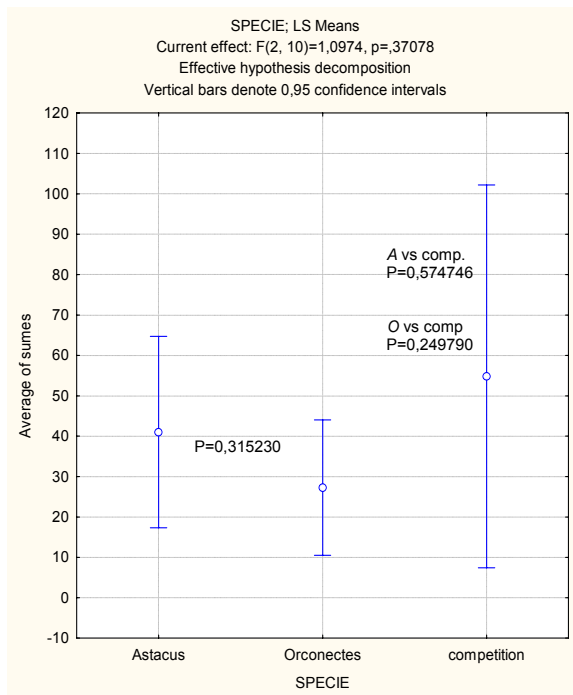


V agresivitě mezi oběma druhy ($p=0,315230$) a mezi oběma druhy a polykulturou obou druhů nebyl prokázán statisticky významný rozdíl (graf 32). Druhy se však lišili v době, ve které se odehrála většina zápasů. U raka říčního se prokazatelně odehrála většina interakcí v nočních hodinách ($p=0,007489$; graf 33), zatímco u raka pruhovaného tento rozdíl nebyl prokázán ($p=0,814133$; graf 33). Ve smíšené obsádce obou druhů nebyl nalezen rozdíl mezi dnem a nocí ($p=0,989582$; graf 33).

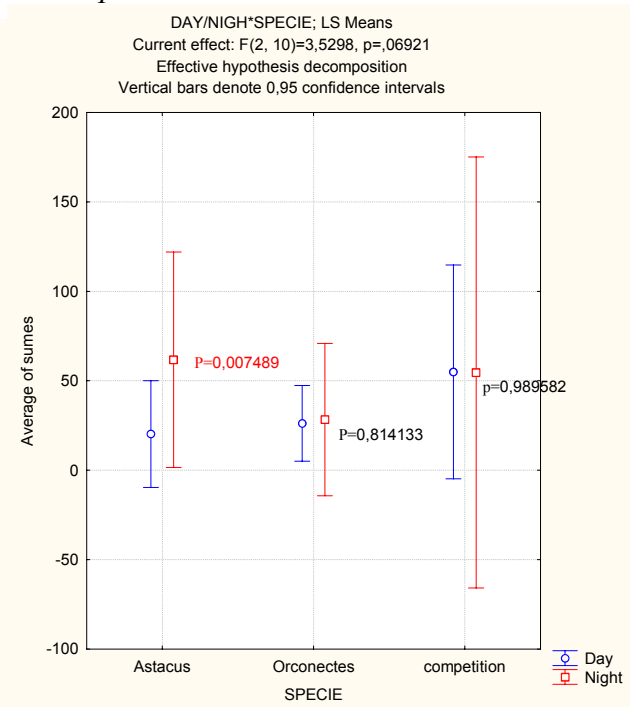
U obou druhů se vyskytovali extrémně agresivní jedinci. U raka říčního to byli často jedinci, kteří se chystali na ekdysi (svlékání) a často se pak stávali obětí kanibalismu. Není však jasné, zda se někteří jedinci, kteří se svlékali v úkrytu nestali i obětí predace ve variantě s úhořem, který většinu času trávil též v úkrytu. U raka pruhovaného bylo pozorováno páření jednoho samečka se dvěma samicemi. Tento jedinec vykazoval vyšší počet agresivních interakcí než většina ostatních. V polykulturní obsádce bylo vzhledem k vysokému počtu jedinců a množství interakcí obtížné rozlišit který z obou druhů vyprovokoval více zápasů.

Byl prokázán rozdíl mezi jednotlivými opakováními v agresivitě v rámci všech variant experimentu u raka říčního i raka pruhovaného. Jejich agresivita se snižovala. Ve variantě s polykulturou se tento rozdíl neprokázal (graf 34) (příloha 76).

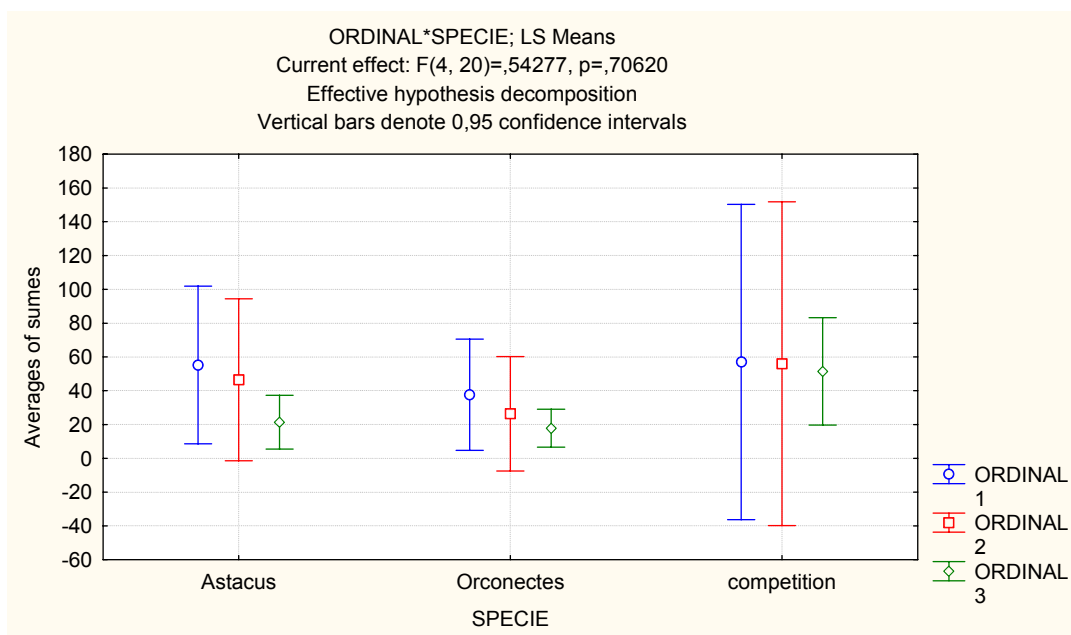
Graf 32: Rozdíl v agresivitě raka říčního a raka pruhovaného



Graf 33: Rozdíl v agresivitě raka říčního a raka pruhovaného během dne a noci

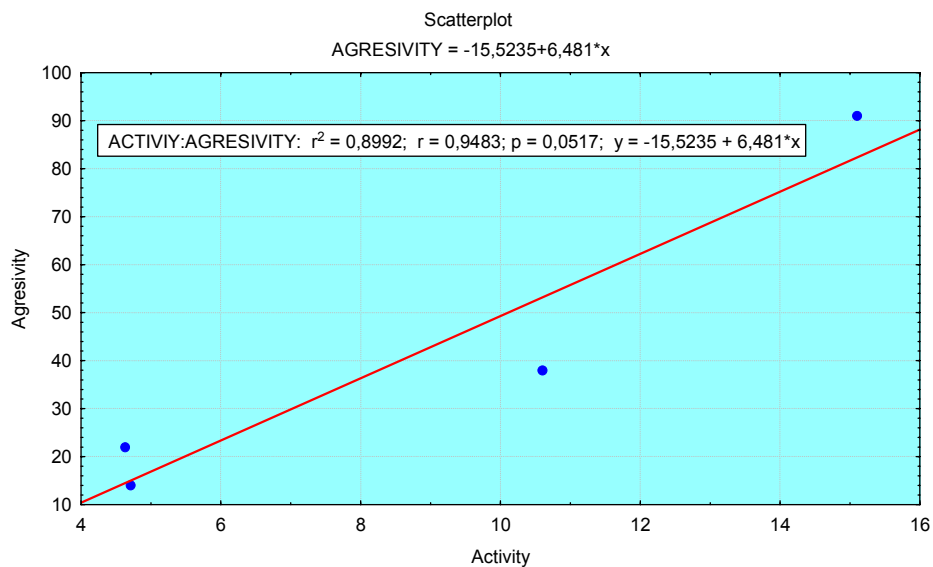


Graf 34: Rozdíly v agresivitě raka říčního a raka pruhovaného v jednotlivých opakováních

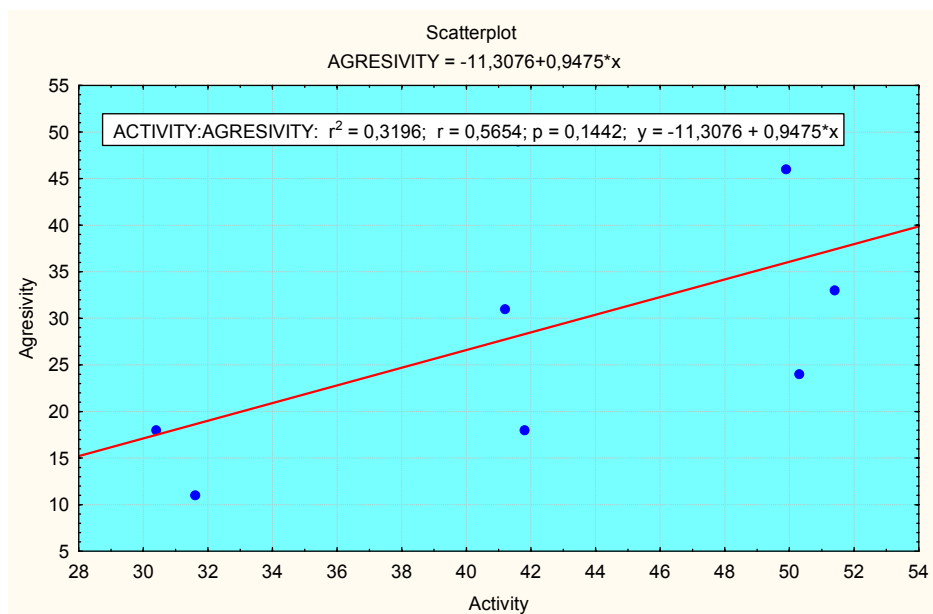


Z regresní analýzy je patrná lineární závislost agresivity raka říčního na aktivitě (graf 35; $r^2 > 0,85$), zatímco u raka pruhovaného se tato lineární závislost neprojevila (graf 36; $r^2 < 0,85$). Tabulky všech výsledků statistických analýz pro tuto kapitolu jsou uvedeny v přílohách 9.3.5.

Graf 35: Závislost agresivity raka říčního na aktivitě



Graf 36: Závislost agresivity raka pruhovaného na aktivitě



5. Diskuze

5.1 Podmínky v experimentální nádrži

Pro potřeby experimentu jsme zvolily zařízení nádrže a podmínky uvnitř, tak aby pokud možno vyhovovaly oběma druhům a zároveň byly po dobu všech experimentů stálé a neměnné.

Zóna úkrytu byla vytvořena kamennou rovnaninou a ve volné zóně byl jako substrát zvolen šterkopísek. Pro raka říčního je to ideální prostředí. Rak říční preferuje potoky, řeky a jezera s dobrou jakostí vody a dostatkem úkrytů (Abrahamsson, 1966; Skurdal *et al.*, 1988). Velmi vhodné je pevné písčito kamenité dno a břehy či hráze obložené kameny (Troschel, 1997). Rak pruhovaný je v tomto směru tolerantnější. Vyhovuje mu jak písčité dno s kameny (McAlpine *et al.*, 1991) a kamenné sutě (Pieplow, 1938), tak i měkké a bahnitě dno (Petrušek *et al.*, 2006; Talbot, 1985).

V nádrži bylo zajištěno stálé prokysličování, taky, aby hodnoty rozpuštěného kyslíku byly vyhovující pro oba druhy raků bez výrazných výkyvů ($10,22 \pm 2,52 \text{ mg.l}^{-1}$). Pro raka říčního by neměl obsah rozpuštěného kyslíku v letním období klesnout pod 7 mg.l^{-1} (Svobodová *et al.*, 1987). Rak pruhovaný je oproti evropským druhům tolerantní k různým extrémům prostředí, mimo jiné i malému obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě (Huner a Lindquist, 1995; Payne, 1997).

Teplota v nádrži se po dobu experimentů pohybovala kolem 13°C ($\pm 2,25^\circ\text{C}$), tedy v rámci tolerance obou druhů. Optimální teplota vody pro raka říčního je během léta $17 - 21^\circ\text{C}$ (Svobodová *et al.*, 1987), letální až nad 25°C dlouhodobě (Hager 1996) a nižší růst a potravní aktivitu způsobuje teplota pod $10 - 8^\circ\text{C}$ (Krupauer, 1980). V kontrastu s původními evropskými druhy je severoamerický rak pruhovaný tolerantní k různým extrémním podmínkám prostředí, mimo jiné hlavně k výkyvům teploty (Huner a Lindquist, 1995; Payne, 1997). Pro raka pruhovaného jsou teploty okolo 20°C a více ideální (Kozák *et al.*, 1998). Stucki (2002) zjistil vrchol aktivity raka pruhovaného od prosince do března v řece Aare při teplotě vody $6-7^\circ\text{C}$ a mezi zářím a prosincem v jezeře Lauerz při teplotě vody $7-16^\circ\text{C}$, s tím, že perioda s nízkou aktivitou nebyla nikdy pozorována. Lozan (2000) uvádí poměrně vysokou aktivitu u obou druhů při teplotě 4°C .

5.2 Porovnání aktivity raka říčního a raka pruhovaného

Úvodem diskuze je třeba upozornit, že v těchto experimentech se za „aktivitu“ považuje čas strávený mimo úkryt, nikoli „pohybová aktivita“. Stucki (2002) uvádí, že u raka pruhovaného může být za aktivitu považován i pobyt mimo úkryt. Z následující diskuze (kap. 5.5) je však zřetelné, že se nejedná o aktivitu (mobilitu, pohyblivost) v pravém slova smyslu.

Námi zjištěná celková aktivita **raka říčního** (tj. čas strávený mimo úkryt) v kontrole byla $15,1 \pm 8,22\%$ z celkové 24 hodinové aktivity, což se přibližuje hodnotám zjištěných Lozanem (2000), který uvádí celkovou aktivitu raka říčního 12% z celkové 24 hodinové aktivity. Podobnou aktivitu zjistil Lozan (2000) i u u nás žijícího raka bahenního (16% z celkové 24 hodinové aktivity). Aktivní perioda raka říčního ale i pro u nás se vyskytujícího raka kamenáče, bahenního a signálního začíná v dubnu/květnu a končí po období páření v listopadu (Stucki, 2002). V kontrastu s rakem říčním, **rak pruhovaný** trávil mimo úkryt výrazně více času, podobně jako uvádí Lozan (2000), i když jím zjištěné hodnoty (22% z celkové 24 hodinové aktivity) jsou poněkud nižší, než námi zjištěné hodnoty ($52,4 \pm 4,33\%$ z celkové 24 hodinové aktivity), což mohla způsobit řada rozdílných faktorů (odlišná teplota, světelný režim, hustota obsádky a další). Podobně vysokou aktivitu zjistil Lozan (2000) také u dalšího amerického druhu, raka signálního (33% z celkové 24 hodinové aktivity). Brink *et al.*, (1988) uvádí vrchol aktivity raka pruhovaného mezi květnem a říjnem podle dat z Québecu a většiny Evropy. Stucki (2002) uvádí vrcholy aktivity od prosince do března v řece Aare (teplota vody: $6-7^{\circ}\text{C}$) a mezi zářím a prosincem v jezeře Lauerz (teplota vody: $7-16^{\circ}\text{C}$). Perioda s nízkou aktivitou nebyla u raka pruhovaného pozorována. Lozan (2000) uvádí poměrně vysokou aktivitu u obou druhů při teplotě 4°C .

Zjistili jsme, že aktivita **raka říčního** se podílela ze $7,82 \pm 3,92\%$ během dne a ze $22,4 \pm 3,59\%$ během noci na celkové 12 hodinové aktivitě. V rámci kontroly i všech variant experimentu byl statistickým porovnáním zjištěn rozdíl v aktivitě mezi dnem a nocí. To se shoduje s obecným povědomím, že rak říční je převážně noční tvor, jak popisuje řada autorů (Kostomarov, 1951; Scribani, 1903; Abrahamsson, 1983; Cukerzis, 1988; Bojsen *et al.*, 1998; Stucki, 2000) s výjimkou doby páření, začínající zpravidla v říjnu až listopadu, kdy je zvýšená pohybová aktivita i ve dne (Krupauer, 1968; Krupauer, 1980; Skurdal a Taugbøl, 2002). O racích se obecně hovoří jako o tvorech s převážně noční aktivitou. Podobný model popisují autoři u řady druhů. Například v mnohém podobný je americký rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) (Westman, 2000; Abrahamsson, 1983). Noční aktivitu stejně jako u našich druhů popisují Barbaresi a Gherardi, (2001) u raka *Austropotamobius pallipes*. Dále

kambaridé *Orconectes virilis* (Hazlett *et al.*, 1979) a *Orconectes immunis* (Crawshaw, 1974) jsou aktivní spíše v noci. Aktivní hlavně v noci je také rak červený (*Procambarus clarkii*) (Stucki, 2002; Gherardi *et al.*, 2000a)

Rak pruhovaný v našem experimentu trávil v průměru $49,5 \pm 2,42\%$ ve dne a $53,3 \pm 4,93\%$ času v noci mimo úkryt z celkové 12 hodinové aktivity. Vysokou aktivitu během dne rovněž uvádějí Lozan (2000) a Stucki (2002), který ji pozoroval od podzimu do kladení vajíček. Statistickým srovnáváním jsme ani v kontrole, ani v rámci všech variant experimentu neprokázali rozdíl mezi aktivitou denní a noční. Již Pieplow (1938) popisoval velice podobné životní projevy u raka pruhovaného během dne a noci. Jiní kambaridé např. *Orconectes virilis* (Hazlett *et al.*, 1979) a *Orconectes imunnis* (Crawshaw, 1974) vykazují narozdíl od raka pruhovaného spíše noční aktivitu. Naopak australský parasticid *Euastacus sulcatus* (Furse *et al.*, 2006) je tvor s denní aktivitou.

Vrchol aktivity v rámci 24 hodin byl u obou druhů v kontrole zjištěn krátce po přechodu na noční režim osvětlení. Mezi 20 a 21 hodinou u **raka říčního** a mezi 20 a 22 hodinou u **raka pruhovaného**, což by v přírodních podmínkách mohlo odpovídat době krátce po soumraku. Stejně tak u raků obecně uvádí Westman (1973) vrchol aktivity za soumraku a Hamrin (1987) během soumraku a svítání. I v našich výsledcích se objevuje v některých variantách experimentu vrchol kolem ranních hodin (varianty: rak říční se sumcem a úhořem mezi 4 a 5 hodinou a varianta: rak pruhovaný se sumcem kolem 6 hodiny ranní).

U žádného z druhů nebyl v kontrolách prokázán rozdíl v aktivitě v jednotlivých opakováních, stejně tak i v rámci všech variant experimentu.

5.3 Reakce na rybí predátory

Všechny druhy ryb použité v experimentu, úhoř říční (*Anguilla anguilla*), štika obecná (*Essox lucius*), sumec velký (*Silurus glanis*), okoun říční (*Perca fluviatilis*) a mník jednovousý (*Lota lota*), jsou autory uváděni jako efektivní rybí predátoři, jejichž přítomnost může snížit pohybovou aktivitu raků, případně mít vliv na snížení stavu populací (např. Appelberg a Odelstrom, 1986; Svårdson, 1972; Blake a Hart, 1995; Krupauer, 1968). Dostupnost úkrytů a nor je hlavní ochrana před predátory (Hobbs, 1991a).

Přestože se zdálo, že přítomnost predátora raky spíše přitahuje a téměř se neprojevovala snaha ryb predovat na racích, v celkové aktivitě **raka říčního** jsme zjistili ve variantě se sumcem ($4,71 \pm 4,01\%$ z celkové 24 hodinové aktivity) a štikou ($4,63 \pm 3,14\%$

z celkové 24 hodinové aktivity) prokazatelně nižší pohyb jedinců mimo úkryt oproti kontrole. Přestože teplota v laboratorních podmínkách byla stálá (průměrně 13°C), nabízí se otázka, zda nebyla snižená aktivita raků způsobena též ročním obdobím a hormonálními podmínkami, protože Stucki (2002) uvádí u raka říčního velmi nízkou aktivitu mezi dubnem a květnem a tyto varianty experimentu probíhaly právě v druhé polovině dubna. Mohlo to však být dáno i kapacitou nádrže a prostorovými nároky jedinců. Raci byli velice pohybově aktivní zvláště krátce po nasazení ryby a projevovali se u nich vůči nim i agresivní sklony. Ve variantě s úhořem nebyl tento rozdíl aktivity oproti kontrole průkazný. Úhoř říční použitý v tomto experimentu trávil naprostou většinu času v úkrytu a rakům tak v tomto hledisku prostorově konkuroval. Jako jediný použitý predátor se snažil během experimentu alespoň jednou ulovit raka. Po skončení této varianty pokusu bylo během odlovování úhoře nalezeno v zóně úkrytu několik zcela zkonsumovaných čerstvě svléklých raků. Nebylo však jisté, zda se stali obětí predace nebo kanibalismu, neboť v rámci experimentu bylo pozorováno několik projevů kanibalismu. Nicméně Svårdson *et al.*, (1991) a Svårdson (1972) popisují úhoře jako nejefektivnějšího rybiho predátora, který dokáže raka ulovit i v úkrytu. V žádné z variant experimentu nebyl čas strávený ve volné zóně vyšší než v kontrole. Z výsledků se lze tedy domnívat, že predátoři mohli mít v experimentálních podmínkách negativní vliv na čas strávený mimo úkryt, i když v průběhu pozorování se někdy zdál opak vzhledem ke zvýšené pohybové aktivitě v některých situacích.

V celkové aktivitě **raka pruhovaného** se po statistickém srovnání neprojeví žádné významné rozdíly vůči kontrole, i když z grafického znázornění by se mohlo zdát, že v některých případech je aktivita nižší oproti kontrole (kap. 4.2; graf 11). Relativně nízká aktivita oproti ostatním variantám se zdá v pokusu se sumcem ($31,6 \pm 2,78\%$ z celkové 24 hodinové aktivity) a okounem ($39,4 \pm 2,1\%$ z celkové 24 hodinové aktivity). Sumec jako jediný z predátorů se proti zvědavosti a agresivitě raků aktivně bránil i čelistmi. Stejně jako u raka říčního můžeme i zde pozorovat v případě úhoře aktivitu velice podobnou kontrole. Bylo často pozorováno, že úhoř svou přítomností v zóně úkrytu raky pruhované z úkrytu alespoň na krátkou dobu vytlačil. Ve variantě, kdy je úhoř umístěn za přepážku je počet raků mimo úkryt srovnatelný s kontrolou, zatímco ve variantě s úhořem umístěným za průhlednou přepážkou se počet raků ve volném prostoru nádrže snížil. Přesto byly v obou případech sledovány situace, kdy se raci zvědavě přibližovali k přepážce a při prudkých pohybech úhoře se opět vzdálili. V žádné z variant experimentu nebyl počet jedinců raka pruhovaného ve volné zóně vyšší než v kontrole. Z výsledků tedy vychází, že přítomnost rybiho predátora má na raka pruhovaného určitý vliv na čas strávený mimo úkryt v negativním slova smyslu,

avšak tento rozdíl není statisticky prokazatelný. Stejně jako u raka říčního se v přítomnosti predátora objevovala zvýšená pohybová aktivita a agresivita vůči rybímu predátorovi, zvláště krátce po jeho nasazení.

V denní a noční aktivitě **raka říčního** se neprokázal rozdíl ve variantě s úhořem a štikou, ačkoliv v testu pro všechny varianty experimentu se tento rozdíl ukázal průkazný ve prospěch noci. V žádné variantě experimentu nebyl rak říční aktivnější během dne. Proto lze potvrdit, že rak říční je převážně noční tvor, jak popisují autoři (např. Kostomarov, 1951; Scribani, 1903; Cukerzis, 1988; Stucki, 2000; Bojsen *et al.*, 1998) a přítomnost predátora tuto skutečnost nijak výrazně neovlivňuje.

V denní a noční aktivitě **raka pruhovaného** se objevil podobný model jako v kontrole, tedy že rozdíl v času stráveném mimo úkryt je nevýrazný. Ve variantách se štikou, okounem a mníkem byla průměrná aktivita vyšší ve dne, v ostatních variantách a kontrole byla vyšší v noci. Jen v případě úhoře za přepážkou byl rozdíl mezi dnem a nocí prokazatelný a to ve prospěch noci. Též statistické hodnocení pro všechny varianty celkem s rakem pruhovaným hovoří, že rozdíl mezi dnem a nocí je neprokazatelný. S jistotou lze tedy potvrdit, že rak pruhovaný je ve dne aktivnější než rak říční, jak uvedl ve své srovnávací studii Lozan (2000) a zároveň že životní projevy raka pruhovaného jsou ve dne velice podobné jako v noci (Pieplow, 1938) a přítomnost rybího predátora tuto skutečnost v laboratorních podmínkách nijak zásadně neovlivňuje.

Rozdíly celkové aktivity se v jednotlivých opakováních variant experimentu s predátory statisticky neprokázali podobně jako v kontrolách u obou druhů. Pouze v případě raka pruhovaného vs. sumec se prokazatelně počet raků ve volné zóně postupně snižoval. Přesto je z grafů 14 a 15 (kap. 4.2) vidět že u raka říčního se aktivita v jednotlivých opakováních postupně snižovala ve variantách s úhořem a štikou a raka pruhovaného kromě sumce ještě ve variantách s úhořem za přepážkou, okounem, mníkem a štikou, což by mohlo korelovat s faktem, že u raků byla krátce po nasazení ryb sledována zvýšená pohybová aktivita.

Jak již bylo uvedeno výše, u obou druhů se objevily vůči rybím predátorům agresivní interakce. Statisticky se nepodařilo prokázat rozdíly mezi druhy a mezi dnem a nocí, pravděpodobně díky malému počtu dat, protože z grafu 16 a 17 (kap. 4.2) je patrné, že rak říční se vůči predátorům účastnil více agresivních interakcí než rak pruhovaný a že většina těchto útoků se odehrála u raka říčního v noci, zatímco u raka pruhovaného tento kontrast není patrný (kap. 4.2; graf 18). V případě štiky a okouna raci pruhovaní útočili spíše přes den, zatímco ve variantě s mníkem a sumcem útočili spíše v noci. Ve variantách s úhořem u obou

druhů je velmi nízký počet útoků vůči predátorovi. To odpovídá skutečnosti, že úhoř byl většinu času v úkrytu a pokud k nějakým interakcím ze strany raků došlo, nebyly tyto pozorovatelné. U žádného z druhů se nepodařilo prokázat, že by počet agresivních interakcí vůči rybám závisel na délce času stráveném mimo úkryt.

5.4 Mezidruhové interakce

Námi zjištěná celková aktivita (čas strávený mimo úkryt) **raka říčního** v polykultuře byla $15,8 \pm 6,38\%$ z celkové 24 hodinové aktivity, což se značně podobá situaci v kontrole ($15,1 \pm 8,22\%$ z celkové 24 hodinové aktivity). Rozdíl skutečně nebyl statisticky prokazatelný. Stejně tak u **raka pruhovaného** byla aktivita v polykultuře ($57,7 \pm 7,81\%$ z celkové 24 hodinové aktivity) podobná s kontrolou ($52,4 \pm 4,33\%$ z celkové 24 hodinové aktivity) a rozdíl se statisticky neprokázal. Stejně jako v předchozích variantách experimentu a v kontrole trávil rak pruhovaný výrazně více času mimo úkryt než rak říční. Lze tedy říci, že raci trávily v polykultuře stejně času mimo úkryt jako v kontrole a z tohoto hlediska se oba druhy vzájemně neovlivnily.

Mainwald *et al.* (2006) nepozorovali během svého experimentu in vitro vytlačení raka říčního z úkrytu rakem pruhovaným a zároveň dokázali dominanci raka říčního nad rakem pruhovaným a proto vyloučili agresivní mezidruhovou interakci jako hlavní mechanismus vytlačení jednoho druhu jiným. V této variantě našeho experimentu bylo vzhledem k počtu nasazených jedinců a množství agresivních interakcí náročné určovat, který z druhů byl v zápasech dominantní a vyprovokoval více agresivních interakcí. Studie Schulze *et al.* (2006) ukazuje, že rak říční může koexistovat s nepůvodním rakem pruhovaným ve stejném vodním útvaru nejméně deset let, ale s tím, že v těchto lokalitách nebyla prokázána přítomnost račího moru. U *Orconectes rusticus*. Londge *et al.* (1986) uvádějí agresivitu jako jeden z mechanismů vytlačení původního druhu *Orconectes virilis* a invazního *Orconectes propinquus* ve Wisconsinu. Podobně i Tierney *et al.* (2000) porovnání agresivních interakcí používal jako měřítko schopnosti vzájemného vytlačování druhů s tím, že rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) byl agresivnější než 3 kambaridé rodu *Orconectes*. Naopak ve Švýcarsku Vorbürger a Ribi (1999a) nezjistily rozdíl v agresivitě raka signálního *Pacifastacus leniusculus* a původního *Austropotamobius pallipes* ale dominance byla silně ovlivněna větším a rychleji rostoucím rakem signálním. Dalšími uváděnými strategiemi je např. současná odolnost i schopnost přenášet račí mor u raka pruhovaného a raka signálního

(např. Holdich a Lowery, 1988; Lindquist a Huner, 1999), úspěšnější využití omezených zdrojů, jako úkryt a potrava u *Cambarus robustus* oproti *Cambarus bartonii bartonii* (Guiasu *et at.*, 1996; Guiasu a Dunham, 1999a,b), vyšší plodnost a vyšší růst konkurujícího druhu (*Orconectes rusticus*) spolu s podřízeným chováním a náchylností k predaci druhého druhu (*Orconectes sanborni*) (Butler a Stein, 1985).

Aktivita **raka říčního** se během dne a noci na rozdíl od kontroly výrazně nelišila, přesto ale nebyl aktivnější ve dne. U **raka pruhovaného**, jsme stejně jako v předchozích variantách a kontrole neprokázali rozdíl mezi dnem a nocí.

Lze však usoudit, že se raci navzájem ovlivňovali z hlediska průběhu denní a noční aktivity (graf 24; kap. 4.3). V mnoha případech se jednotlivé „peaky“ každé řady jakoby zrcadlově odrážejí. Lze tedy usoudit, že zde do určité míry proběhla prostorová kompetice dána kapacitou nádrže.

U **raka říčního** jsme podobně jako v kontrole nezjistili prokazatelné rozdíly celkové aktivity v jednotlivých opakováních, ačkoli je patrné, že se aktivita postupně snižovala (graf 25; kap. 4.3). U **raka pruhovaného** jsme na rozdíl od kontroly a většiny ostatních variant našli rozdíl. Počet jedinců, nacházejících se mimo úkryt se během této varianty experimentu snižoval. Tedy podobně jako ve většině variant s predátory, raci reagovali na kompetitora z počátku zvýšenou aktivitou a poté se situace postupně ustálila.

5.5 Rozdíly individuální a rozdíly dle pohlaví

V celkové aktivitě **raka říčního** se v rámci všech variant a v každé variantě zvlášť neprokázal rozdíl mezi pohlavím, ačkoli v žádné variantě experimentu nejsou aktivnější samičky než samečci. **Rak pruhovaný** vykazoval v rámci všech experimentů i v každém experimentu zvlášť značný rozdíl v pohlaví kromě varianty s polykulturou. Samičky tohoto druhu tráví mimo úkryt výrazně více času.

U obou druhů se vyskytlo určité procento jedinců, kteří po dobu experimentů prakticky neopustili úkryt, jen v okrajových případech (např. při vyrušení) a pouze na velmi krátkou dobu. Na rozdíl od raka říčního byli ve společenstvu raka pruhovaného jedinci, kteří po dobu trvání jednotlivých experimentů úkryt vůbec nevyhledávali. Jednalo se vždy téměř bez výjimky o samičky, i když spousta z nich nevykazovala pohybovou aktivitu a setrvala v klidové poloze, podobné, jakou popisují Immelmann a Beer (1989). Podobně Mainwald *et al.* (2006) pozorovali u raka pruhovaného nižší využívání úkrytů než u raka říčního.

U **raka říčního** se v rámci experimentu objevili jedinci, kteří se svlékali mimo úkryt i poměrně daleko od úkrytu (na druhé straně nádrže, cca 70 cm od zóny úkrytu), ale i v úkrytu. Bovbjerg (1970a), Westman (1973) a Westin a Gydemo (1988) pozorovali též u raka říčního opuštění úkrytů a svlékání ve volném prostoru, podobně jako např. u *Orconectes virilis* a raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*). U **raka pruhovaného** probíhaly ekdyse v úkrytu.

Velice individuální a sexuálně specifická byla i intenzita vnitrodruhových agresivních interakcí (kap. 5.6).

5.6 Vnitrodruhové interakce

V četnosti agresivních interakcí mezi oběma druhy a mezi oběma druhy a polykulturou obou druhů nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Avšak Mainwald *et al.* (2006) prokázali *in vitro* u vnitrodruhových párů **raka říčního** vyšší četnost agresivních interakcí než u **raka pruhovaného** a i v mezidruhových párech rak říční významně dominoval nad rakem pruhovaným. Výsledky jejich studie vylučují přímou agresivní interakci jako mechanismus nahrazení jednoho druhu jiným druhem (kap. 5.4).

Druhy se lišili v době, ve které se odehrála většina zápasů. U **raka říčního** se prokazatelně odehrála většina interakcí v nočních hodinách, což koreluje s faktem, že se ukázal být většinou aktivní v noci. zatímco u **raka pruhovaného** tento rozdíl nebyl prokázán, stejně jako rozdíl mezi denní a noční aktivitou. Ve smíšené obsádce obou druhů nebyl nalezen rozdíl mezi dnem a nocí.

U obou druhů se vyskytovali extrémně agresivní jedinci. U raka říčního to byli často jedinci, kteří se chystali na ekdysi (svlékání) a často se pak stávali obětí kanibalismu, nebo byli alespoň zmrzačeni při souboji. Není však jasné, zda se někteří jedinci, kteří se svlékali v úkrytu nestali i obětí predace ve variantě s úhořem, který většinu času trávil též v úkrytu, protože úhoř (Svärdson *et al.*, 1991) je nejefektivnější račí predátor.

U raka pruhovaného bylo pozorováno páření jednoho samečka se dvěma samičkami. Tento jedinec vykazoval vyšší počet agresivních interakcí než většina ostatních a to jak před kopulací při výběru partnerky, tak i 3 dny po kopulaci. I autoři popisují u některých druhů takto dramaticky pářící období, např. u kambarida *Orconectes rusticus* (Berrill a Arsenault, 1984) a to i po kopulaci, dále pak u *Austropotamobius pallipes* (Woodlock a Reynolds, 1988), *Procambarus trowbridgii* (Mason, 1970) a u raka červeného (*Procambarus clarkii*) (Ameyaw-Akumfi, 1976). Páření bylo pozorováno v období od 7. 10 do 10.10., tedy podobně

jako v přirozených podmínkách. U raka pruhovaného dochází ke kopulaci, stejně jako u ostatních druhů raků, na podzim (Brink *et al.*, 1988; Hager, 1996). Bylo u něj však opakovaně pozorováno i druhé, jarní období kopulace (Ulikowski a Borkowska, 1999; Chybowski a Juchno, 2002; Hamr, 2002; Stucki, 2002).

Během pozorování bylo zřetelné, že většina z extrémně agresivních jedinců byli u obou druhů samečci, jak popisuje u raků např. Bovbjerg (1953, 1956).

V polykulturní obsádce bylo vzhledem k vysokému počtu jedinců a množství interakcí obtížné rozlišit který z obou druhů vyprovokoval více zápasů.

Byl prokázán rozdíl mezi jednotlivými opakováními v agresivitě v rámci všech variant experimentu u raka říčního i raka pruhovaného. Jejich agresivita se snižovala. Ve variantě s polykulturou se tento rozdíl neprokázal.

U raka říčního se projevila lineární závislost počtu agresivních interakcí na délce času stráveném mimo úkryt, nikoli však u raka pruhovaného, který sice trávil výrazně více času ve volné zóně, avšak ve většině případů to byli samičky, které tento čas trávili v klidové poloze, zatímco agresivnější samečci se více pohybovali mezi úkryty a volnou zónou. Například u raka *Orconectes virilis*, Hazlett *et al.* (1975) také přisuzují zvýšený poměr útoků uvnitř společenstva zvýšené pohybové aktivitě.

6. Závěr

Aktivita byla hodnocena jako čas strávený mimo úkryt. Výsledky ukazují značný rozdíl mezi druhy a potvrzují vyšší aktivitu a nižší využívání úkrytů u raka pruhovaného. Námi zjištěná aktivita raka pruhovaného byla výrazně vyšší (v průměru $51,4\% \pm 4,33$ celkové 24 hodinové aktivity) než u raka říčního bez rozdílu v čase stráveném mimo úkryt ve dne a v noci. Tím jsme potvrdily, že rak pruhovaný je více aktivní přes den než evropské druhy. Zjistili jsme, že někteří jedinci během experimentů vůbec úkryt nevyhledávali. Jednalo se převážně o samičky, které trávily výrazně více času mimo úkryt než samečci, i když mnohdy projevovaly jen minimální pohybovou aktivitu.

Rak říční trávil mimo úkryt méně času ($15,1\% \pm 8,22$ z celkové 24 hodinové aktivity) než rak pruhovaný a potvrdili jsme, že rak říční je aktivnější v noci. Nejistili jsme výrazný rozdíl v aktivitě mezi pohlavím, i když v žádném z případů nebyly samičky aktivnější než samečci.

U obou druhů se vyskytli jedinci, kteří v jednotlivých variantách experimentu úkryt vůbec neopustili.

Vrchol aktivity byl u obou druhů dosažen ponejvíce krátce po přechodu na noční režim, což odpovídá vrcholu při soumraku obecně popisovaném v přirozených podmínkách.

Přítomnost rybího predátora měla na oba druhy jen malý vliv, někdy spíše přitahovala pozornost raků a u raků se vůči nim projevovali i agresivní interakce. Prokazatelně snížený pohyb jedinců mimo úkryt byl zjištěn jen u raka říčního ve variantě se štikou a sumcem, je však sporné, zda je to skutečně dáno pouze fyzickou přítomností predátora.

Agresivita obou druhů je přinejmenším srovnatelná a jen v případě raka říčního vykazuje lineární závislost na aktivitě. To může napovědět, že přítomnost mimo úkryt není v pravém slova smyslu aktivita, protože extrémně agresivní byli hlavně samečci, zatímco samičky raka pruhovaného trávily více času mimo úkryt, ale často setrvali v klidové poloze.

Z výsledků této studie a dříve zpracovaných citovaných studií se lze domnívat, že přímé agresivní interakce nepatří mezi hlavní mechanismy eliminace raka říčního rakem pruhovaným, ale že hlavní příčinou jeho úspěchu je imunita a schopnost raka pruhovaného přenášet račí mor a jeho r-strategické charakteristiky (vyšší plodnost, brzké dospívání, nižší náchylnost k predaci, vyšší aktivita a kratší věk). Lze se i domnívat, že vyzkoumaný obecný model aktivity těchto druhů může fungovat stejně i v přirozených podmínkách.

Výsledky mohou nabídnout motivaci a podklady pro další studie např. závislost času stráveném mimo úkryt na pohybové aktivitě; studium aktivity obou druhů při různých

teplotních podmínkách a konečně např. studium aktivity a vzájemných interakcí v přirozených, nebo polopřirozených podmínkách. Detailní poznání etologických charakteristik obou druhů může pomoci blíže porozumět konkurenčním úspěchům invazních druhů nebo dokonce přispět k úspěšnému řešení znepokojivé situace nepůvodních severoamerických druhů.

7. Summary

Some authors point out, that the American species are more activated than European during the day. Noble crayfish (*Astacus astacus* L.) is the night animal. Spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus* Raf.) is the most aggressive species with more activity during the day, whose is of itself ecologic and reproductions characteristic typical r-strategist. And over than above it is a vector of crayfish plague. Objective of this study was the observe the daily and nocturnal of both species, the influence of fish predators and murmurs of agresivity. The bulk of this work was in ethologic laboratory with using videotechnic in control conditions and directed lightregimen. The findings see the big diference between species, that the spiny-cheek crayfish is more activated that the noble crayfish (51,4%±4,33 of the 24 hour activity) with slight diference between the day and night. Someones of the subjects don't look for the cover during the experiment, it were mainly the females, whose activity were better than the male. Noble crayfish embodied low aktivty (15,1%±8,22 of the 24 hour activity) with more highly diference between the day and night and with slight diference between the sex. The inherence of the fish predator have had slight influence on the both species, rather sometimes take on the crayfish attention. The agresivity of the both is at least comparable, so it isn't clear, that the spiny-cheek crayfish would be more successful in proximate competetion without the infection of crayfish plague.

Key words: *Astacus astacus*, *Orconectes limosus*, activity, agresivity, fish predator

8. Seznam použité literatury

- Abrahamsson, S. 1965. A method of marking crayfish *Astacus astacus* Linné in population studies. *Oikos*, **16**, 228-231
- Abrahamsson, S.A.A. 1966. Dynamics of an isolated population of the crayfish *Astacus astacus* Linné. *Oikos*, **17**, 96-107.
- Abrahamsson, S.A.A. 1971. Density, growth and reproduction in populations of *Astacus astacus* Linné. *Oikos*, **17**, 96-107.
- Abrahamsson, S.A.A. 1972. Fecundity and growth of some populations of *Astacus astacus* Linné in Sweden. Report of the Institute of Freshwater Research, Drottningholm, **52**, 23-37.
- Abrahamsson, S.A.A. 1983. Trappability, locomotion and diel pattern of activity of the crayfish *Astacus astacus* and *Pacifastacus leniusculus* Dana. *Freshwater Crayfish*, **5**, 239-53.
- Ackefors, H. 1989. Intensification of European Freshwater crayfish culture in Europe. Special Session on Crayfish Culture on Aquaculture World Aquaculture Soc., Los Angeles, USA, Feb. 13, 1989. Univ. Stockholm, Sweden.
- Ackefors, H., Gydemo, R., Keyser, P. 1995. Growth and moulting in confined juvenile noble crayfish *Astacus astacus* (L.) (Decapoda, Astacidae). *Freshwater Crayfish*, **10**, 396-409.
- Aiken, D.E. 1969a. Ovarian maturation and egg laying in the crayfish *Orconectes virilis*: influence of temperature and photoperiod. *Canadian Journal of Zoology*, **47**, 931-935.
- Aiken, D.E., 1969b. Photoperiod, endocrinology and the crustacean molt cycle (crayfish). *Science*, **164**, 149-164.
- Ameyaw-Akumfi, C. 1976. Some aspects of the breeding biology of the crayfish. DPhil thesis, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.
- Andrews, E.A. 1907. The young of the crayfishes *Astacus* and *Cambarus*. Smithsonian Contribution to Knowledge. Part of Volume XXXV, No. 1718. Smithsonian Institution. Washington. 79 s.
- Appelberg, M., Odelström, T. 1986. Habitat distribution, growth and abundance of the crayfish *Astacus astacus* in the littoral zone of four neutralized lakes. In: The crayfish *Astacus astacus* in acid and neutralized environments. Dr thesis, Dept of Limnology, University of Uppsala.
- Barbaresi, S., Gherardi, F. 2001. Daily activity in the white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes*: a comparison between field and laboratory studies. *Journal of Natural History* (in press).
- Barki, A., Karplus, I. 1999. Mating behavior and a behavioral assay for female receptivity in the red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Journal of Crustacean Biology*, **19**, 493-497.
- Becker, C.D., Genoway, R.G., Merrill, J.A. 1975. Resistance of a north-western crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana) to elevated temperatures. *Transactions of the American Fisheries Society*, **2**, 374-387.
- Bechler, D.L. 1995. A review and prospectus of sexual and interspecific pheromonal communication in crayfish. *Freshwater Crayfish*, **8**, 657-667.
- Bechler, D.L., Deng, X., McDonald, B. 1988. Interspecific communication between sympatric crayfish of the genus *Procambarus* (Decapoda, Astacidae). *Crustaceana*, **54**, 153-162.
- Berrill, M., Arsenault, M. 1984. The breeding behaviour of a northern temperate orconectid crayfish, *Orconectes rusticus*. *Animal Behaviour*, **32**, 333-339.
- Blake, M.A., Hart, P.J.B. 1995. The vulnerability of juvenile signal crayfish to perch and eel predation. *Freshwater Biology*, **33**, 233-244.
- Bohl, E. 1999. Motion of individual noble crayfish *Astacus astacus* in different biological situations: in-situ studies using radio telemetry. *Freshwater Crayfish*, **12**, 677-687.
- Bojsen, B.H., Witthøft, H., Styrihave, B., Andersen, O. 1998. *In situ* studies on heart rate and locomotor activity in the freshwater crayfish, *Astacus astacus* (L.) in relation to natural fluctuations in temperature and light intensity. *Freshwater Biology*, **39**, 455-65.
- Bovbjerg, R. V. 1956. Some factors affecting aggressive behavior in crayfish. *Physiological Zoology*, **29**, 127-136.
- Bovbjerg, R.V. 1953. Dominance order in the crayfish *Orconectes virilis* (Hagen). *Physiological Zoology*, **26**, 173-178.
- Bovbjerg, R.Y. 1970a. Basic patterns of behavior in a simulated stream. *American Zoologist*, **10**, 485.
- Bovbjerg, R.Y. 1970b. Ecological isolation and competitive exclusion in two crayfish (*Orconectes virilis* and *Orconectes immunis*). *Ecology*, **51**, 225-36.
- Brewis, J.M., Bowler, K. 1982. The growth of the freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* in Northumbria. *Freshwater Biology*, **12**, 187-200.
- Brewis, J.M., Bowler, K. 1983. A study of the dynamics of a natural population of the fresh
- Brink, F. W. B., Velde, G., Geelen, J. F. M. 1988. Life history parameters and temperature-related activity of an American crayfish, *Orconectes limosus* (Rafineque, 1817) (Crustacea, Decapoda), in the area of the major rivers in The Netherlands. *Arch. Hydrobiol.*, **114**, 2. 275 – 289.
- Bruski, C.A., Dunham, D.W. 1987. The importance of vision in agonistic communication of the crayfish

- Orconectes rusticus* I: An analysis of bout dynamics. Behaviour, **103**, 83-107.
- Bruski, C.A., Dunham, D.W. 1990. Antennal waving in the crayfish *Orconectes rusticus* (Girard, 1852) (Decapoda, Astacidae). Crustaceana, **58**, 83-87.
- Bubb, D.H., Thom, T.J., Lucas, M.C. 2006. Movement patterns of the invasive signal crayfish determined by PIT telemetry. NCR Research Press Web site at <http://cjz.nrc.ca> on 29 September 2006. 1202-1209.
- Bubb, D.H., Thom, T.J. Lucas, M. C. 2004. Movement and dispersal of the invasive signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in upland rivers. Freshwater Biology, **49**, 357-368.
- Bubb, D.H., Lucas, M.C., Thom, T.J. 2002. Winter movements and activity of signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in an upland river, determined by radio telemetry. Hydrobiologia, **483**, 111-116.
- Burras, L., Blakewood, G., Richard, T., Huner, J.V. 1995. Laboratory observations on burrowing in different soils by commercially important procambarid crayfish. Freshwater Crayfish, **10**, 427-34.
- Buřič, M. 2006. Studium reprodukce invazního raka pruhovaného. (*Orconectes limosus*) Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, zemědělské fakulta, katedra rybářství. 88 s.
- Butler, M. J., Stein, R. A., 1985. An analysis of mechanism governing species replacement in crayfish. Oecologia, **66**, 168-177.
- Capelli, G.M. 1975. Distribution, life history, and ecology of crayfish in northern Wisconsin, with emphasis on *Orconectes propinquus* (Girard). DPhil thesis, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.
- Capelli, G.M. 1982. Displacement of northern Wisconsin crayfish by *Orconectes rusticus* (Girard). Limnology and Oceanography, **27**, 741-745.
- Capelli, G.M., Magnuson, J.J. 1974. Reproduction, molting, and distribution of *Orconectes propinquus* (Girard) in relation to temperature in a northern mesotrophic lake. Freshwater Crayfish, **2**, 415-27.
- Capelli, G.M., Munjal, B.L. 1982. Aggressive interactions and resource competition in relation to species displacement among crayfish of the genus *Orconectes*. Journal of Crustacean Biology, **2**, 486-92.
- Claussen, D.L. 1980. Thermal acclimation in the crayfish *Orconectes rusticus* and *O. virilis*. Comparative Biochemistry and Physiology, **66A**, 377-384.
- Crawshaw, L.I. 1974. Temperature selection and activity in the crayfish, *Orconectes immunis*. Journal of Comparative Physiology, **95**, 315-322.
- Cukerzisz, J. 1968. Interspecific relations between *Astacus astacus* L. and *A. leptodactylus* Esch. Ekologia Polska, Ser. A., **16**, 629-636.
- Cukerzisz, J.M. 1988. *Astacus astacus* in Europe. In: Freshwater Crayfish: Biology, Management & Exploitation. Holdich, D.M., Lowery, R.S., (eds), Croom Helm (Chapman & Hall), London. 309-340.
- Cukerzisz, J.M., Shestokas, J., Terentjev, A.L. 1979. Methods for accelerated artificial breeding of crayfish juveniles. *Freshwater Crayfish*, **5**, 451-8.
- Dardi, P., Villanelli, F., Raddi, A., Gherardi, F. 1996. Competizione tra gambero autoctono *Austropotamobius pallipes* ed il gambero alloctono *Procambarus clarkii*. Abstract Volume, XVII Convegno SIE. S Miniato, Italy, 3-5 June 1996. 31-32.
- 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? Gherardi, F., Holdich, D. M. (Eds), Brookfield, Rotterdam: A.A. Balkema. 149-153.
- 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? 149-153.
- Dingle, H. 1983. Strategies of agonistic behavior in Crustacea. In: Studies in Adaptation. The Behavior of Higher Crustacea. Rebach, S., Dunham, D.W. (eds), 85-111.
- Dingle, H. 1983. Strategies of agonistic behavior in Crustacea. In: Studies in Adaptation. The Behavior of Higher Crustacea. Rebach, S., Dunham, D.W. (eds), 85-111.
- Đuriš, Z., Droz, P., Horká, I., Kozák, P., Policar, T. 2006. Biometry and demography of the invasive crayfish *Orconectes limosus* in the Czech republic. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, **380-381**, 1215-1228.
- Đuriš, Z., Horká, I., Kristia, J., Kozák, P. 2006b. Some cases of macro-epibiosis on the invasive crayfish *Orconectes limosus* in the Czech republic. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, **380-381**, 1325-1340.
- Dyk, V. 1977. Rak říční jako ukazatel čistoty vod. Památky a příroda, **10**, 632-635
- Edsman, L., Jonsson, A. 1996. The effect of size, antennal injury, ownership, and ownership duration on fighting success in male signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana). Nordic Journal of Freshwater Researches, **72**, 80-87.
- Edsman, L., Jonsson, A. 1996. The effect of size, antennal injury, ownership, and ownership duration on fighting success in male signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana). Nordic Journal of Freshwater Researches, **72**, 80-87.

- Elvey, W. Richardson, A.M.M., Bermuta, L. 1996. Interactions between the introduced yabby, *Cherax destructor*, and the endemic crayfish, *Astacopsis franklinii*, in Tasmanian streams. *Freshwater Crayfish*, **11**, 349-363.
- Fast, A.W., Momot, W.T. 1973. The effects of artificial aeration on the depth distribution of the crayfish *Orconectes virilis* (Hagen) in two Michigan lakes. *The American Midland Naturalist*, **89**, 89-102.
- Firkins, I., Holdich, D.M. 1993. Thermal studies with three species of freshwater crayfish. *Freshwater Crayfish*, **9**, 241-248.
- Fiskeriverket. (1993). Possibilities for increasing noble crayfish populations in Swedish waters. Information Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm, **2** (in Swedish).
- Flint, R.W. 1977. Seasonal activity, migration and distribution of the crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in Lake Tahoe. *The American Midland Naturalist*, **97**, 280-292.
- Flint, R.W. 1977. Seasonal activity, migration and distribution of the crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in Lake Tahoe. *The American Midland Naturalist*, **97**, 280-292.
- Flynn, M.E., Hobbs, H.H., III. 1984. Parapatric crayfishes in southern Ohio: evidence of competitive exclusion? *Journal of Crustacean Biology*, **4**, 382-9.
- Furse, J.M., Wild, C.H., Sirroti, S., Pethybridge, H. 2006. The Daily Activity Patterns of *Euastacus sulcatus* (Decapoda: Parastacidae) in Southeast Queensland. *Freshwater Crayfish* **15**: 139-147.
- Fürst, M. 1977. Introduction of *Pacifastacus leniusculus* (Dana) into Sweden: methods, results and management. *Freshwater Crayfish*, **3**, 229-247.
- George, R. 1957. Continuous crayfishing tests: Pelsant group, Hourthman Abrolhos, Western Australia, 1953. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **8**, 476-90.
- George, R. 1958. The status of the 'white' crayfish in Western Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **9**, 537-545.
- Gherardi, E., Barbaresi, S. 2000. Invasive crayfish: activity patterns of *Procambarus clarkii* in the rice fields of the Lower Guadalquivir (Spain). *Archiv für Hydrobiologie*, **150**, 153-168.
- Gherardi, E., Acquistapace, P., Barbaresi, S. 2000c. The significance of chelae in the agonistic behaviour of the white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, **33**, 187-200.
- Gherardi, E., Barbaresi, S., Raddi, A. 1999. The agonistic behaviour of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*: functions of the chelae. *Freshwater Crayfish*, **12**, 233-243.
- Gherardi, E., Barbaresi, S., Salvi, G. 2000a. Spatial and temporal patterns in the movement of *Procambarus clarkii*, an invasive crayfish in the Italian water bodies. *Aquatic Sciences*, **62**, 179-193.
- Gherardi, E., Barbaresi, S., Villanelli, E. 1998. Movement patterns of the white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes*, in a Tuscan stream. *Journal of Freshwater Ecology*, **13**, 413-424.
- Gherardi, E., Raddi, A., Barbaresi, S., Salvi, G. 2000b. Life history patterns of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in an irrigation ditch in Tuscany, Italy. *Crustacean Issues*, **12**, 99-108.
- Gherardi, F. 2002. Behaviour. In: *Biology of Freshwater Crayfish*. Holdich, D.M. (ed), Blackwell Science Ltd., London. 152-191.
- Gherardi, F., Messina, G., Ugolini, A., Vannini, M. 1988a. Studies on the locomotor activity of the freshwater crab, *Potamon fluviatile*. *Hydrobiologia*, **169**, 241-50.
- Gherardi, F., Tarducci, E., Vannini, M. 1988b. Locomotor activity in the freshwater crab *Potamon fluviatile*: the analysis of temporal patterns by radio-telemetry. *Ethology*, **77**, 300-16.
- Grow, L. 1982. Burrowing/soil-texture relationships in the crayfish *Cambarus diogenes diogenes* Girard (Decapoda, Astacidae). *Crustaceana*, **42**, 150-159.
- Grow, L., Merchant, H. 1979. The burrow habitat of the crayfish, *Cambarus diogenes diogenes* (Girard). *The American Midland Naturalist*, **103**, 231-237.
- Guan, R.Z. 1994. Burrowing behaviour of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in the river Great Ouse, England. *Freshwater Forum*, **4**, 155-168.
- Guan, R.Z., Wiles, P.R. 1997. The home range of signal crayfish in a British lowland river. *Freshwater Forum*, **8**, 45-54.
- Guiasu, R.C., Dunham, D.W. 1997a. Initiation and outcome of agonistic contests in male form I *Cambarus robustus* Girard, 1852 crayfish (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, **70**, 480-496.
- Guiasu, R.C., Dunham, D.W. 1997b. Agonistic interactions in male form II *Cambarus robustus* Girard, 1852 crayfish (Decapoda, Cambaridae) and a comparison between male form I and form II intra-form contests. *Crustaceana*, **70**, 720-736.
- Guiasu, R.C., Dunham, D.W. 1998. Inter-form agonistic contests in male crayfishes, *Cambarus robustus* (Decapoda, Cambaridae). *Invertebrate Biology*, **117**, 144-54.
- Guiasu, R.C., Dunham, D.W. 1999a. Agonistic contests in male form I *Cambarus bartonii bartonii* (Fabricius, 1798) (Decapoda, Cambaridae) crayfish and a comparison with contests of the same type in *Cambarus robustus* Girard, 1852. *Crustaceana*, **72**, 1079-1091.

- Guiasu, R.C., Dunham, D.W. 1999b. Aggressive interactions between the crayfishes *Cambarus bartonii bartonii* and *C. robustus* (Decapoda: Cambaridae): interspecific and intraspecific contests. *Journal of Crustacean Biology*, **19**, 131-146.
- Guiasu, R.C., Dunham, D.W., Barr, D.W. 1996. Interspecific agonistic contests between male *Cambarus bartonii bartonii* (Fabricius 1798) and *Cambarus robustus* Girard 1852 (Decapoda, Cambaridae) crayfish and the possible competition between the two species in Ontario. *Freshwater Crayfish*, **11**, 364-377.
- Hager, J. 1996. Edelkrebse. Graz. 128 s.
- Hajer J., 1989. Americký druh raka v Labi. *Živa*, 37/75(3). 125s.
- Hamr, P. 2002. *Orconectes*. In: *Biology of Freshwater Crayfish*. D.M. Holdich (ed), Blackwell Science Ltd., London. 585-608.
- Hamrin, S. 1987. Seasonal crayfish activity as influenced by fluctuating water levels and presence of fish predators. *Holarctic Ecology*, **10**, 45-51.
- Hartman, A., O'Neill, D. 1999 Fish predators and conspecifics influence molt location choice by red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard). *Freshwater Crayfish*, **12**, 244-51.
- Hasiotis, S.T., Honey, J.G. 1995. Crayfish burrows and their paleohydrologic significance in Paleocene continental deposits, Washakie, Great Divide, and Hanna Basins, Wyoming, USA. *Freshwater Crayfish*, **10**, 105-17.
- Hasiotis, S.T., Miller, M.E., Isbell, J, Babcock, L.E., Collinson, J.W. 1999. Triassic trace fossils from Antarctica: burrow evidence of crayfish or mammal-like reptiles? Resolving crayfish from tetrapod burrows. *Freshwater Crayfish*, **12**, 71-81.
- Hazlett, B.A., Anderson, E.E., Exsman, L.A., Stafford, C., Munro, E. 1992. Interspecific behavioral ecology of the crayfish *Orconectes rusticus*. *Journal of Freshwater Ecology*, **7**, 69-76.
- Hazlett, B.A., Rittschof, D., Ameyaw-Akumfi, C. 1979. Factors affecting the daily movement of the crayfish *Orconectes virilis* (Hagen, 1870) (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, Supplement, **5**, 121-130.
- Hazlett, B.A., Rittschof, D., Rubenstein, D. 1974. Behavioral biology of the crayfish *Orconectes virilis*. I. Home range. *American Midland Naturalist*, **92**, 301-19.
- Hazlett, B.A., Rubenstein, D. & Rittschof, D. 1975. Starvation, energy reserves, and aggression in the crayfish *Orconectes virilis* (Hagen, 1870) (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, **28**, 11-16.
- Heckenlively, D.B. 1970. Intensity of aggression in the crayfish *Orconectes* (Hagen). *Science*, **225**, 180-181.
- Henry, K.A. 1951. Spring creek crayfish migrations 1949 and 1950. Oregon Fish Commission Research Briefs, **3**, 48-55.
- 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. 13-22.
- 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. 13-22.
- Herrnkind, W.F. 1983. Movement patterns and orientation. In: *The Biology of Crustacea*, Vol. **7**, Behavior and Ecology. Vernberg, F.J., W.B., Vernberg (eds). Academic Press, New York. 41-105
- Hessen, D., Skurdal, J. 1986 Analysis of food utilized by the crayfish *Astacus astacus* in Lake Steinsfjorden, SE Norway. *Freshwater crayfish*, **6**, 187-93.
- Hessen, D.O., Taugbøl, T., Fjeld, E., Skurdal, J. 1987. Egg development and lifecycle timing in the noble crayfish (*Astacus astacus*). *Aquaculture*, **64**, 77-82.
- Hobbs, H.H. 1942. The crayfishes of Florida. University of Florida Publications, Biological Series, **3**, 1-179.
- Hobbs, H.H., III. 1991a. Adaptations and convergence in North American crayfishes. *Freshwater Crayfish*, **2**, 541-9.
- Hobbs, H.H., III. 1991b. Decapoda. In: *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Thorp, J.H., Covich, A.P. (eds), Academic Press, New York. 823-258.
- Hobbs, H.H., Whiteman, M. 1991. Notes on the burrows, behavior, and color of the crayfish *Fallicambarus* (F.) *devastator* (Decapoda: Cambaridae). *Southwestern Naturalist*, **36**, 127-135.
- Hogger, J.B. 1988. Ecology population biology and behaviour. In: *Freshwater crayfish: Biology, Management and Exploitation*. Holdich, D.M., Lowery, R.S. (eds), Croom Helm, London & Sydney. 114-144.
- Holdich, D. M., Ackefors, H., Gherardi, F., Rogers, D. W., Skurdal, J. 1999. Native and alien crayfish in Europe: Some conclusions. Crayfish in Europe as alien species How to make the best of the bad situation? 281-292.
- Holdich, D.M., Gherardi, F. 1999. Native and alien crayfish in Europe: an introduction. In: *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation*. Gherardi, F. Holdich, D.M. (eds), A.A. Balkema, Rotterdam. 3-9.

- Holdich, D.M., Haffner, P., Noël, P., Carral, J., Füderer, L., Gherardi, F., Machino, Y., Madec, J., Pöckl, M., Šmietana, P., Taugbøl, 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. 130–149
- Holdich, D.M., Harlioglu, M.M., Firkins, I. 1997. Salinity adaptations of crayfish in British waters with particular reference to *Austropotamobius pallipes*, *Astacus leptodactylus* and *Pacifastacus leniusculus*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, **44**, 147-54.
- Holdich, D.M., Lowery, R.S. 1988. Freshwater Crayfish Biology, Management and Exploitation. Chapman & Hall, London & Sydney, Timber Press, Portland, Oregon, 498 s.
- Holdich, D.M., Reader, J.P., Rogers, W.D., Harlioglu, M. 1995. Interactions between three species of crayfish (*Austropotamobius pallipes*, *Astacus leptodactylus* and *Pacifastacus leniusculus*). Freshwater Crayfish, **10**, 46-56.
- Holzer, M. 2000. Raci v České republice. Ochrana přírody, 55/10. 291 – 294.
- Huang, T.S., Cerenius, L., Söderhäll, K. 1994. Analysis of genetic diversity in the crayfish plaque fungus, *Aphanomyces astaci*, strain from the freshwater crayfish *Procambarus clarkii*. Mycol. Res. **99**. 574-578.
- Huner, J.V. a Lidnquist, O.V. 1991. Special problems in freshwater crayfish egg production. Crustacean Issues, **7**, 235-246.
- Huner, J.V., Barr, J.E. 1984. Red Swamp Crawfish: Biology and Exploitation. Louisiana Sea Grant College Program, Center for Wetland Resources, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana.
- Huner, J.V., Lidnquist, O.V. 1995. Physiological adaptations of freshwater crayfish that permit successful aquacultural ventures. Amer. Zool., **35**, 12-19.
- Huxley, J. (1914) The courtship habits of the great crested grebe (*Podiceps cristatus*), with an addition to the theory of sexual selection. Proceedings of the Zoological Society of London, **35**, 491-562.
- Chybowski, L., Juchno, D. 2002. Histological analyses of the annual cycle of gonad development in the male spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* Raf. Arch. Pol. Fish., **10**(2). 241-253.
- Immelmann, K., Beer, C. 1989. A Dictionary of Ethology. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Jander, R. 1975. Ecological aspects of spatial orientation. Annual Review of Ecology and Systematics, **6**, 171-188.
- Keller, T.A., Hazlett, B.A. 1996. Mechanical use of crayfish chelae. Marine and Freshwater Behavior and Physiology, **28**, 149-162.
- Kivivuori, L. 1977. Temperature acclimation of the motor activity in the crayfish *Astacus astacus* L. Freshwater Crayfish, **3**, 263-274.
- Köksal, G. 1988. *Astacus leptodactylus* in Europe. In: Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation. Holdich, D.M., Lowery, R.S. (eds). Croom Helm, London. 365-400.
- Kossakowski, J., Orzechowski, B. 1975. The crayfish *Orconectes limosus* in Poland. Freshwater crayfish, **2**, 31-47.
- Kostomarov, B. 1951. Rybářství. Státní nakladatelství učebnic Praha. 244 s.
- Kozák, P., Pokorný, J., Policar, T., Kouřil, J. 1998. Základní morfologické znaky k rozlišení raků v ČR. VÚRH JU, Vodňany, edice Metodik, č. **56**. 14 s.
- Kozák, P., Policar, T. 2000. Druhy raků v ČR – Základní rozlišovací znaky. Bulletin VÚRH Vodňany, **36**, 12-17.
- Kozák, P., Policar, T. 2006. Annual course of gonad development in *Orconectes limosus*. Freshwater Crayfish, **15**, 126-129.
- Kozák, P., Policar, T., Ďuriš, Z., 2004. Migration ability of *Orconectes limosus* through a fishpass and notes on its occurrence in the Czech Republic. Bull. Fr. de la Peche et de la Pisciculture. 372-373:367-373.
- Kozubíková, E., Petrusek, A., Ďuriš, Z., Kozák, P., Geiger, S., Hoffmann, R., Oidtmann, B. 2006. Detection of the crayfish plague fungus *Aphanomyces astaci* in the Czech Republic: a pilot study. Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture, **380**, 1313.
- Krupauer, V. 1968. Zlatý rak. Nakladatelství České Budějovice. 109 s.
- Krupauer, V., 1980. Raci. Český rybářský svaz. 67 s.
- Krywosz, T. 2004. Czy to odwrót raka peregowatego? Komunikaty rybackie, **5**, 21-23.
- Levenbach, S., Hazlett, B.A. 1996. Habitat displacement and the mechanical and display functions of chelae in crayfish. Journal of Freshwater Ecology, **11**, 485-92.
- Liley, J.H., Cerenius, L., Söderhäll, K. 1997. RAPD evidence for the origin of crayfish plague outbreaks in Britain. Aquaculture **157**. 181-185.
- Lidnquist, 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), Brookfield, Rotterdam: A.A.Balkema. 23-28.

- 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? Brookfield, Rotterdam: A.A.Balkema. 23-28.
- Lindqvist, O.V., Lahti, E. 1983. On the sexual dimorphism and condition index in the crayfish *Astacus astacus* L. in Finland. *Freshwater Crayfish*, **5**, 3-11.
- Lodge, D.M., Beckel, A.L., Magnuson, J.J. 1985. Lake-bottom tyrant. *Natural History*, **94**, 32-37.
- Lodge, D.M., Kratz, T.K., Capelli, G.M. 1986. Long-term dynamics of three crayfish species in Trout Lake, Wisconsin. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **43**, 993-998.
- Loring, M.W., Hill, L.G. 1976. Temperature selection and shelter utilization of the crayfish, *Orconectes causeyi*. *The Southwestern Naturalist*, **21**, 219-226.
- Lowe, M.E. 1956. Dominance-subordinance relationships in the crayfish *Cambarellus shufeldtii*. *Tulane Studies in Zoology*, **4**, 135-70.
- Lowery, R.S. 1988. Growth, moulting and reproduction. In: *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*, Holdich, D.M., Lowery, R.S., (eds). Croom Helm, London. 83-113
- Lozan, J.L. 2000. On the threat to the European crayfish: A contribution with the study of the activity behaviour of four crayfish species (Decapoda: *Astacidae*). *Limnologica* 2000, 30, 2. 156 – 166.
- Mainwald, T., Schulz, H. K., Smietana, P., Schulz, R. 2006. Aggressive Interactions and Interspecific Competition Between the Indigenous Crayfish *Astacus astacus* (Linne) and the Non-indigenous *Orconectes limosus* (Rafinesque). *Freshwater Crayfish*, **15**, 203-211.
- Mason, J.C. 1970. Copulatory behavior of the crayfish *Pacifastacus trowbridgii* (Stimpson). *Canadian Journal of Zoology*, **48**, 969-976.
- Mason, J.C. 1977. Reproductive efficiency of *Pacifstacus leniusculus* in culture. *Freshwater crayfish*, **3**, 101-117.
- Mathur, D., Schutsky, R.M., Purdy, E.J., Jr 1982. Temperature preference and avoidance responses of the crayfish, *Orconectes obscurus*, and associated statistical problems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **39**, 548-53.
- Maynard Smith, J., Parker, G.A. 1976. The logic of asymmetric contests. *Animal Behaviour*, **24**, 159-175.
- Maynard Smith, J., Price, G.R. 1973. The logic of animal conflict. *Nature*, **246**, 15-18.
- McAlpine, D., Hogans, W. E., Fletcher, T. J. 1991. *Orconectes limosus* (Crustacea, Cambaridae) an addition to the crayfish fauna of New Brunswick. *Canadian Field Naturalist*, **105**, 386-387.
- Merkle, E.L. 1969. Home range of crayfish *Orconectes juvenalis*. *American Midland Naturalist*, **81**, 228-35.
- Mobberly, W.C., Pfrimmer, R.I. 1967. Distribution of crayfish in a roadside ditch. *American Midland Naturalist*, **78**, 82-88.
- Momot W. T. 1966. Upstream movement of crayfish in an intermittent Oklahoma stream. *Am. Mid. Nat.*, **75**, 150-159.
- Momot, W.T. 1988. *Orconectes* in North America and elsewhere 10. In: *Freshwater crayfish: Biology, Management and Exploitation*. Holdich, D.M., Lowery, R.R. (eds), London & Sydney, Croom Helm/Portland, Oregon. 262-282.
- Momot, W.T. 1996. History of the range extension of *Orconectes rusticus* into northwestern Ontario and Lake Superior. *Freshwater Crayfish*, **11**, 61-72.
- Momot, W.T., Gowing, H. 1972. Differential seasonal migration in the crayfish *Orconectes virilis* (Hagen), in marllakes. *Ecology*, **53**, 479-83.
- Momot, W.T., Gowing, H. 1977. Production and population dynamics in the crayfish *Orconectes virilis* in three Michigan Lakes. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, **34**, 2041-2055.
- Momot, W.T., Leering, G.M. 1986. Aggressive interaction between *Pacifastacus leniusculus* and *Orconectes virilis* under laboratory conditions. *Freshwater Crayfish*, **6**, 87-93.
- Muck, J.A., Rabeni, Ch.F., DiStefano, R.J. 2002. Life-history characteristics of the crayfish *Orconectes ozarkae* in a Missouri Ozark stream. *Freshwater Crayfish*, **13**, 359-370.
- Mundahl, N.D., Benton, M.I. 1990. Aspects of the thermal ecology in the rusty crayfish *Orconectes rusticus* (Girard). *Oecologia*, **82**, 216.
- 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**, 71 – 80.
- Noble, G.K. 1939. The role of dominance in the social life of birds. *Auk*, **56**, 263-273
- Nyström, P. 1999. The effects of crayfish on interactions in freshwater benthic communities: European perspectives. In: *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* Gherardi, F., Holdich, D.M. (eds), Brookfield, Rotterdam: A.A.Balkema. 63-85.
- Nyström, P. 2002. *Ecology. Biology of Freshwater Crayfish*. Holdich, D.M. (ed). Blackwell Science Ltd., London. 192 – 235.

- Nyström, P., Bronmark, C., Graneli, W. 1999. Influence of an exotic and native crayfish species on a littoral benthic community. *Oikos*, **85**, 545-53.
- Nyström, P., Graneli, W. 1996. The effect of food availability on survival, growth, activity and number of mature females in crayfish populations. *Freshwater crayfish*, **11**, 170-181.
- Nyström, P., Strand, J.A. 1996. Grazing by a native and an exotic crayfish on aquatic macrophytes. *Freshwater Biology*, **36**, 673-82.
- Partridge, L. 1978. Habitat selection. In: *Behavioural Ecology: an Evolutionary Approach*. Krebs, I.R., Davies, N.R. (eds), Blackwell Scientific Publications, Oxford. 351-376.
- Pavey, C.R., Fielder, D.R. 1996. The influence of size differential on agonistic behaviour in the freshwater crayfish, *Cherax cuspidatus* (Decapoda, Parastacidae). *Journal of Zoology*, **238**, 445-447.
- Payne, J.F. 1997. Adaptive success within the cambarid life cycle. *Freshwater crayfish*, **11**, 1-12.
- Peay, S., Rogers, D., 1999. The peristatic spread of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in the river Wharfe, Yorkshire, England. *Freshwater Crayfish*, **12**, 665-676.
- Peck, S.K. 1985. Effects of aggressive interaction on temperature selection by the crayfish, *Orconectes virilis*. *The American Midland Naturalist*, **114**, 159-67.
- Penn, G.H., Fitzpatrick, J.F., Jr. 1963. Interspecific competition between two sympatric species of dwarf crayfish. *Ecology*, **44**, 793-797.
- Petrusek, A., Filipová, L., Ďuriš, Z., Horká, I., Kozák, P., Polícar, T., Štambergová, M. 2005. Distribution of the invasive spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in the Czech Republic: history and present. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*.
- Pieplow, U. 1938. *Fischereiwissenschaftliche Monografie von Cambarus affinis* Say. *Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften*, Band XXXVI., Verlag J. Neumann - Neudamm und Berlin. 349-440.
- Pöckl, M., Holdich, D.M., Pennerstorfer, J. 2006. Identifying native and alien crayfish species in Europe. *European Project CRAYNET*. 47s.
- Pöckl, M., Pekny, R. 2002. Interaction between native and alien species of crayfish in Austria: Case studies. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, **367**, 763-776.
- Polícar, T., Kozák, P., 2000. Výskyt raků v ČR. *Bulletin VÚRH Vodňany, Biologie, ochrana a chov raků*, **36**, 18-22.
- Pratten, D.J. 1980. Growth in the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Crustacea: Astacidae). *Freshwater Biology*, **10**, 401-412.
- Pursiainen, M., Erkamo, E. 1991. Low temperatures as limiting factor for the noble crayfish (*Astacus astacus*) populations. *Finnish Fisheries Research*, **12**, 179-85.
- Rabeni, C.F. 1985. Resource partitioning by stream dwelling crayfish: the influence of body size. *American Midland Naturalist*, **113**, 20-29.
- Ranta, E., Lindstrom, K. 1992. Power to hold sheltering burrows by juveniles of the signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*. *Ethology*, **92**, 217-226.
- Ranta, E., Lindstrom, K. 1993. Body size and shelter possession in mature signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*. *Annales Zoologici Fennici*, **30**, 125-132.
- Ranta, E., Lindstrom, K. 1993. Body size and shelter possession in mature signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*. *Annales Zoologici Fennici*, **30**, 125-132.
- Reynolds, J.D., 2002. Growth and reproduction. In: *Biology of Freshwater Crayfish*, D.M. Holdich (ed.), Blackwell Science Ltd., London. 152-191.
- Robinson, C.A., Thom, T.I., Lucas, M.C. 2000. Ranging behaviour of a large freshwater invertebrate, the white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes*. *Freshwater Biology*, **44**, 509-521.
- Rogers, R., Huner, J.V. 1985. Comparison of burrows and burrowing behavior of five species of cambarid crayfish (Crustacea, Decapoda) from the Southern University Campus, Baton Rouge, Louisiana. *Proceedings of the Louisiana Academy of Science*, **48**, 23-9.
- Rutherford, P.L., Dunham, D.W., Allison, V. 1995. Winning agonistic encounters by male crayfish *Orconectes rusticus* (Girard) (Decapoda, Cambaridae). *Chela size matters but chela symmetry does not*. *Crustaceana*, **68**, 526-529.
- Savolainen, R., Westman, K., Pursiainen, M. 1996. Fecundity of Finnish noble crayfish, *Astacus astacus* L., and signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in various natural habitats and in culture. *Freshwater Crayfish*, **11**, 319 – 338.
- Scribani, A. 1903. Anleitung wie man eine Grössere Vermehrung der Krebse in den Gewässern des böhm. mährischen Hochplateaus erzielen könnte. *Nëm. Brod*.
- Schneider, P. 1971. Zur Biologie der arghanischen Flusskrabbe *Potamon gedrosianum*. I. Lebensweise, Verbreitung, Morphologie und systematische Stellung. *Bonner Zoologische Beiträge*, **22**, 305-21.
- Schulz, H. K., Smietana, P., Mainwald, T., Oidtmann, B., Schulz, R. 2006. Case studies on the co-occurrence of *Astacus astacus* (L.) and *Orconectes limosus* (Raf.): snapshots of a slow displacement. *Freshwater Crayfish*, **15**, 212-219.

- Schütze, S., Stein, H., Born, O. 1999. Radio telemetry observations on migration and activity patterns of restocked noble crayfish *Astacus astacus* (L.) in the small river Sempt, northeast of Munich, Germany. *Freshwater Crayfish*, **12**, 688-695.
- Skurdal, J., Taugbøl, T. 1995. Riverine post-stocking movements of noble crayfish *Astacus astacus*. *Freshwater Crayfish*, **10**, 183-293.
- Skurdal, J., Taugbøl, T. 2002. *Astacus*. In: *Biology of Freshwater Crayfish*. Holdich, D.M. (ed), Blackwell Science Ltd., London. 467-510.
- Skurdal, J., Taugbøl, T., Fjeld, E., Hessen, D. O., Hastein, T. 1988. *Thelohania cantejeani* Henneguy parasitizing the noble crayfish, *Astacus astacus* L., in Norway. *Journal of Fish Diseases*, **11**, 433-5.
- Skurdal, J., Taugbøl, T., 1994. Do we need harvest regulations for European crayfish? *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **4**, 461-85.
- Snedden, W.A. 1990. Determinants of male mating success in the temperate crayfish *Orconectes rusticus*: chela size and sperm competition. *Behaviour*, **115**, 101-113.
- Soderbäck, B. 1991. Interspecific dominance and aggressive interaction in the freshwater crayfishes *Astacus astacus* (L.) and *Pacifastacus leniusculus* (Dana). *Canadian Journal of Zoology*, **69**, 1321-1325.
- Söderback, B. 1993. Population regulation in two co-occurring crayfish species. Dr fil thesis, University of Uppsala, Sweden.
- Soderbäck, B. 1995. Replacement of the native crayfish *Astacus astacus* by the introduced species *Pacifastacus leniusculus* in a Swedish lake: possible causes and mechanisms. *Freshwater Biology*, **33**, 291-304.
- Sokolsky, A., Ushivtsev, V., Mikouiza, A.-S., Kalmikov, E. 1999. Influence of sea level fluctuations on wild crayfish populations in the Caspian Sea. *Freshwater Crayfish*, **12**, 655-664.
- Statzner, B., Fievet, F., Champagne, J.Y., Morel, R., Herouin, E. 2000. Crayfish as Geomorphic Agents and Ecosystem Engineers: Biological Behavior Affects Sand and Gravel Erosion in Experimental Streams. *Limnology and Oceanography*, Vol. 45, No. 5. 1030-1040.
- Stebbins, G.L. 1971. *Processes of Organic Evolution*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Stein, R.A. 1976. Sexual dimorphism in crayfish chelae: functional significance linked to reproductive activities. *Canadian Journal of Zoology*, **54**, 220-227.
- Stein, R.A. 1977. Selective predation, optimal foraging and the predator prey interaction between fish and crayfish. *Ecology*, **58**, 1237-1253.
- Stucki, T.P. 2002. Differences in life history of native and introduced crayfish species in Switzerland. *Freshwater Crayfish*, **13**, 463-476.
- Stypińska, M. 1973. The fecundity of three types of crayfish inhabiting Polish waters. *Rocz. Nauk Rol.*, 95 (1). 147-156.
- Suter, P.I., Richardson, A.M.M. 1977. The biology of two species of *Engaeus* (Decapoda: Parastacidae) in Tasmania. III. Habitat, food, associated fauna and distribution. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **28**, 95-103.
- Svärdson, G. 1972. The predatory impact of eel (*Anguilla anguilla* L.) on populations of crayfish (*Astacus astacus* L.). Report of the Institute of Freshwater Research, Drottningholm, **52**, 149-191.
- Svärdson, G., Fürst, M., Fjälling, A. 1991. Population resilience of *Pacifastacus leniusculus* in Sweden. *Finnish Fisheries Research*, **12**, 165-167.
- Svobodová, Z., Gelnarová, J., Justýn, J., Krupauer, V., Máchová, J., Simanov, L., Vykusová, B., Wohlegemuth, E. 1987. *Toxikologie vodních živičíchů*. Praha, MZVŽ ČSR. 231 s.
- 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.
- Tanski, A., Formicki, K., Smietana, P., Sadowski, M., Winnicki, A. 2005. Sheltering behaviour of spinycheek crayfish (*Orconectes limosus*) in the presence of an artificial magnetic field *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* (376-377): 787-793.
- Taugbøl, T., Skurdal, J., Fjeld, E. 1988. Maturity and fecundity of *Astacus astacus* females in Norway. *Freshwater Crayfish*, **7**, 107-14.
- Taylor, R.C. 1984. Thermal preference and temporal distribution in three crayfish species. *Comparative and Biochemical Physiology*, **77A**, 513-517.
- Tierney, A.I., Godleski, M.S., Dunham, D.W. 2000. Comparative analysis of agonistic behavior in four crayfish species. *Journal of Crustacean Biology*, **20**, 54-66.
- Tierney, A.J., Dunham, D. W. 1982. Chemical communication in the reproductive isolation of the crayfishes *Orconectes propinquus* and *Orconectes virilis* (Decapoda, Cambaridae). *Journal of Crustacean Biology*, **2**, 544-548.
- Tierney, A.J., Dunham, D.W. 1984. Behavioral mechanisms of reproductive isolation in the crayfishes of the genus *Orconectes*. *The American Midland Naturalist*, **111**, 304-310.
- Troschel, H.J. 1997. In *Deutschland vorkommende Flusskrebse: Biologie Verbreitung und*

- Bestimmungsmerkmale. Fischer & Teichvirt, 1997/9. 370-376
- Tsukerzis, Y.A. 1976. Interspecific competition of dosely allied crayfish species (*Astacus astacus* L., *A. leptodactylus* Esch., *Pacifastacus leniusculus* Dana, Decapoda, Crustacea). Doklady (Proc) Academy of Science USSR (Biol Sci), **229**, 283-5.
- Ulikowski, D., Borkowska, I. 1999. Mating of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus* Raf.) – spring or autumn? Komun. Ryb. **3**. 4-6.
- Villanelli, F., Gherardi, F. 1998. Breeding in the crayfish, *Austropotamobius pallipes*: mating patterns, mate choice and intermale competition. Freshwater Biology, **40**, 305-315.
- Vogt, G. 2002. Functional Anatomy. Freshwater crayfish, **13**, 101-151.
- Vorburger, C., Ribí, G. 1999a. Aggression and competition for shelter between a native and an introduced crayfish in Europe. Freshwater Biology, **42**, 111-119.
- Vorburger, C., Ribí, G. 1999b. *Pacifastacus leniusculus* and *Austropotamobius torrentium* prefer different substrates. Freshwater Crayfish, **12**, 696-704.
- water crayfish *Austropotamobius pallipes*. Freshwater Biology, **13**, 443-452.
- Westin, L., Gydemo, R. 1988. The locomotor activity of juvenile noble crayfish (*Astacus astacus*) and the effects of shelter availability. Aquaculture, **68**, 361-367.
- Westan, K., Ackfors, H., Nylund, V. 1992. Kräfter-biologi, odling och fiske. Kiviksgårdens förlag.
- Westman, K. 1973. Cultivation of the American crayfish *Pacifastacus leniusculus*. *Freshwater Crayfish*, **1**, 211-20.
- Westman, K. 2000. Comparison of the crayfish *Pacifastacus leniusculus* Dana, a species introduced into Finland, with the native species, *Astacus astacus* L., in allopatry and sympatry. Academic dissertation, Faculty of Agriculture and Forestry of the University of Helsinki, Helsinki. 233s.
- Westman, K., Pursianen, P., Westman, P. 1990. Status of crayfish stock, fisheries, diseases and culture in Europe. Report of the FAO European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) Working Party of Crayfish. Helsinki. 206 s.
- Westman, K., Westman, P. 1992. Present status of crayfish management in Europe. Report from the EIFAC Workshop on Crayfish Management and Stocking, 22-23 August 1991, Kuopio, Finland.-Finn. Fish. Res., **14**, 1-22
- Wiles, P.R., Guan, R.Z. 1993. Studies on a new method for permanently tagging crayfish with
- Williams, T. 1995. The occurrence and life history of *Orconectes propinquus* in Nipigon. Ontario. DPhil thesis, Lakehead University, Ontario.
- Woodlock, B., Reynolds, I.D. 1988. Laboratory breeding studies of freshwater crayfish, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). Freshwater Biology, **19**, 71-78.

9. Příloha

9.1 Tabulky biometrických ukazatelů

Příloha 1: Biometrické ukazatele raků říčních použitých v kontrole a ve variantách s rybími predátory

varianty: úhoř, štika, sumec					kontrola				
číslo raka	pohlaví	CD (mm)	DH (mm)	M (g)	číslo raka	pohlaví	CD (mm)	DH (mm)	M (g)
1	♀	106	52	36,0	1	♀	80	42	15,0
2	♀	91	46	23,8	2	♀	74	39	12,5
3	♀	101	50	29,3	3	♀	84	41	18,6
4	♀	104	51	33,9	4	♀	83	43	16,6
5	♀	94	48	23,1	5	♀	83	42	16,2
6	♀	100	49	28,7	6	♀	80	40	17,6
7	♀	69	32	10,1	7	♀	78	40	15,5
8	♀	96	47	26,9	8	♀	82	40	18,5
9	♂	111	55	45,7	9	♂	89	50	34,6
10	♂	117	64	70,4	10	♂	92	51	34,3
11	♂	83	44	20,2	11	♂	99	54	42,9
12	♂	105	57	48,1	12	♂	93	52	35,8
13	♂	105	53	42,7	13	♂	90	50	30,6
14	♂	109	59	52,3	14	♂	93	51	32,7
15	♂	92	46	26,7	15	♂	101	54	34,0
16	♂	102	56	50,4	16	♂	96	49	31,2
náhrady za ztráty (úhyn, kanibalismus, predace)									
1	♀	107	56	38,6					
1	♀	94	48	23,3					
4	♀	94	47	23,8					
5	♀	95	50	25,8					
7	♀	69	35	10,3					
8	♀	88	45	20,4					
9	♂	103	53	44,6					
11	♂	85	45	21,0					

Příloha 2: Biometrické ukazatele raků pruhovaných použitých v kontrole a ve variantách s rybími predátory

číslo raka	pohlaví	CD (mm)	DH (mm)	M (g)
1	♀	73	35	10,4
2	♀	70	32	10,3
3	♀	64	31	7,2
4	♀	65	30	7,7
5	♀	68	33	7,4
6	♀	70	35	7,8
7	♀	71	34	8,3
8	♀	67	33	8,1
9	♂	68	36	10,0
10	♂	66	32	8,2
11	♂	66	33	9,5
12	♂	69	35	8,7
13	♂	63	30	9,0
14	♂	72	35	9,3
15	♂	73	33	11,2
16	♂	70	34	9,4
náhrady za ztráty (úhyn, kanibalismus, predace)				
13	♂	65	28	6,1

Příloha 3: Biometrické ukazatele raků říčních a raků pruhovaných použitých v experimentu s polykulturou

rak říční					rak pruhovaný				
číslo raka	pohlaví	CD (mm)	DH (mm)	M (g)	číslo raka	pohlaví	CD (mm)	DH (mm)	M (g)
1	♀	80	42	15,0	1	♀	67	31	8,1
2	♀	74	39	12,5	2	♀	83	37	18,7
3	♀	84	41	18,6	3	♀	76	36	13,1
4	♀	83	43	16,6	4	♀	101	48	29,4
5	♂	89	50	34,6	5	♂	80	42	17,1
6	♂	92	51	34,3	6	♂	70	35	11,3
7	♂	99	54	42,9	7	♂	65	33	8,9
8	♂	93	52	35,8	8	♂	69	34	9,0
ztráty					ztráty				
4	♀								
2	♀								

Příloha 4: Biometrické ukazatele ryb použitých v experimentu jako predátoři

experiment s rakem říčním			experiment s rakem pruhovaným		
ryba	CDT (mm)	M (g)	ryba	CDT (mm)	M (g)
úhoř	524	147	úhoř	355	0,728
štika	415	402	štika	398	388
sumec	414	365	sumec	453	563
			okoun	323	527
			mník	451	563

9.2 Tabulky a grafy aktivity a agresivity v jednotlivých variantách

Příloha 5: Příklad protokolu na zaznamenávání aktivity v digitální formě

Datum: 29.10.03 Hodina: 7.00 Varianta: Orconectes vs. Stika

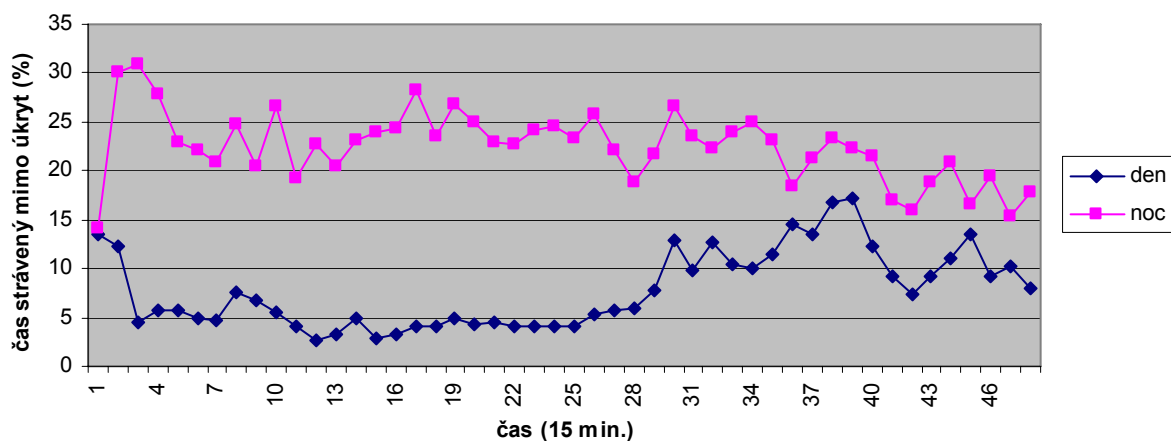
Hod.	Min.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Suma	Proc.	Agresi
7	0	0	11	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	5	12	103	42,9	0
15	0	0	15	9	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	0	15	114	47,5	5
30	0	0	15	11	0	15	0	0	15	10	0	15	15	0	15	13	15	139	57,9	6
45	0	0	13	0	0	15	0	0	15	9	0	15	15	0	15	15	15	127	52,9	1
8	0	0	15	0	0	15	0	0	15	9	0	15	15	0	15	15	15	129	53,8	10
15	0	0	3	11	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	2	15	121	50,4	3
30	0	0	0	5	0	15	0	0	15	12	0	15	8	0	15	0	15	100	41,7	4
45	0	0	11	7	0	15	0	0	15	12	0	15	0	0	15	0	15	105	43,8	4
9	0	0	13	2	0	15	0	0	15	0	0	15	3	0	15	0	15	93	38,8	4
15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	10	0	15	15	0	15	0	15	115	47,9	2
30	0	0	6	0	0	15	0	0	15	8	0	15	15	0	15	0	15	104	43,3	2
45	0	0	0	0	0	15	0	0	15	9	0	15	15	0	15	0	15	99	41,3	2
10	0	0	2	0	0	15	0	0	15	9	0	15	15	0	15	9	15	110	45,8	0
15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	15	120	50	2
30	0	0	15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	3	15	108	45	1
45	0	0	15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	0	15	105	43,8	0
11	0	0	15	0	0	15	0	0	15	8	0	15	15	0	15	0	15	113	47,1	4
15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	120	50	2
30	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	120	50	3
45	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	120	50	1
12	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	120	50	4
15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	120	50	0
30	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	120	50	3
45	0	0	8	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	113	47,1	1
13	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	5	15	15	0	15	0	15	125	52,1	1
15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	9	15	15	0	15	0	15	129	53,8	1
30	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	120	50	0
45	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	5	15	125	52,1	1
14	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	6	15	126	52,5	0
15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	15	15	135	56,3	0
30	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	15	15	135	56,3	1
45	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	4	15	124	51,7	2
15	0	4	5	4	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	118	49,2	0
15	1	0	0	4	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	110	45,8	0
30	0	0	0	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	105	43,8	0
45	0	0	0	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	105	43,8	0
16	0	0	0	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	105	43,8	1
15	0	0	0	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	105	43,8	2
30	0	0	0	0	0	15	0	0	15	11	0	15	15	0	15	0	15	101	42,1	0
45	0	0	0	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	105	43,8	1
17	0	0	0	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	105	43,8	1
15	0	0	0	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	105	43,8	1
30	0	0	0	0	0	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15	0	15	105	43,8	2
45	0	0	0	0	0	15	0	0	15	2	0	15	15	0	15	0	15	92	38,3	1
18	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	0	15	90	37,5	0
15	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	0	15	90	37,5	0
30	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	0	15	90	37,5	0
45	0	0	0	3	0	15	0	0	15	0	0	15	15	0	15	0	15	93	38,8	0
19	0																			
Suma		5	402	56	0	720	0	0	720	499	14	720	686	0	720	122	717	5381	336	79
Proc.		0,69	55,8	7,78	0	100	0	0	100	69,3	1,94	100	95,3	0	100	16,9	99,6	747,4	46,7	

Příloha 6: Aktivita raků říčních v kontrole

	samice								samci							
číslo raka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
den	8,472	0	0	3,889	0,278	0	2,361	4,583	1,389	71,53	0	11,53	1,528	12,36	0	0
den	0	0	1,944	0	0	0	1,528	3,472	0,556	90,28	0	24,86	1,25	0,139	0	0
den	39,17	5,139	1,806	0,972	0,278	0	1,667	0,556	0	47,22	0	35	1,389	0	0	0
průměr	15,88	1,713	1,25	1,62	0,185	0	1,852	2,87	0,648	69,68	0	23,8	1,389	4,167	0	0
sm.od.	16,83	2,422	0,886	1,652	0,131	0	0,365	1,699	0,571	17,63	0	9,612	0,113	5,795	0	0
noc	5,139	0	17,78	34,31	0,833	1,111	5,278	11,81	0	98,06	1,25	39,58	0	87,64	12,92	2,361
noc	2,778	0,556	12,78	24,44	64,86	0	6,944	13,19	0	65,97	1,389	99,72	7,5	4,167	18,19	0
noc	19,58	0	52,92	36,25	72,5	0	15	11,39	0	92,5	0,833	94,44	7,917	3,75	29,44	0
průměr	9,167	0,185	27,82	31,67	46,06	0,37	9,074	12,13	0	85,51	1,157	77,92	5,139	31,85	20,19	0,787
sm.od.	7,429	0,262	17,86	5,168	32,14	0,524	4,245	0,772	0	14	0,236	27,19	3,638	39,45	6,893	1,113

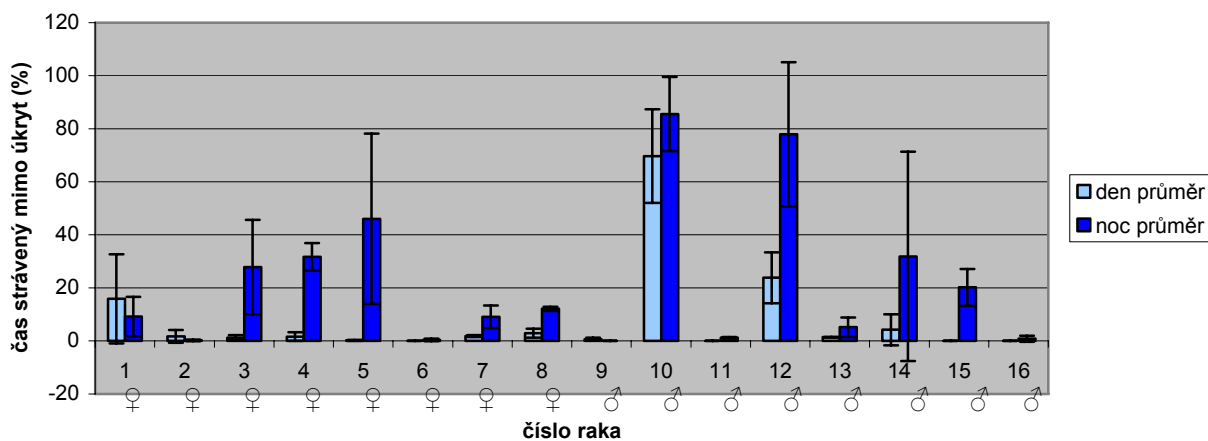
Příloha 7: Průběh denní a noční aktivity raků říčních v kontrole

Astacus astacus - kontrola



Příloha 8: Denní a noční aktivita raků říčních v kontrole

Astacus astacus - kontrola
graf průměrů a směrodatných odchylek

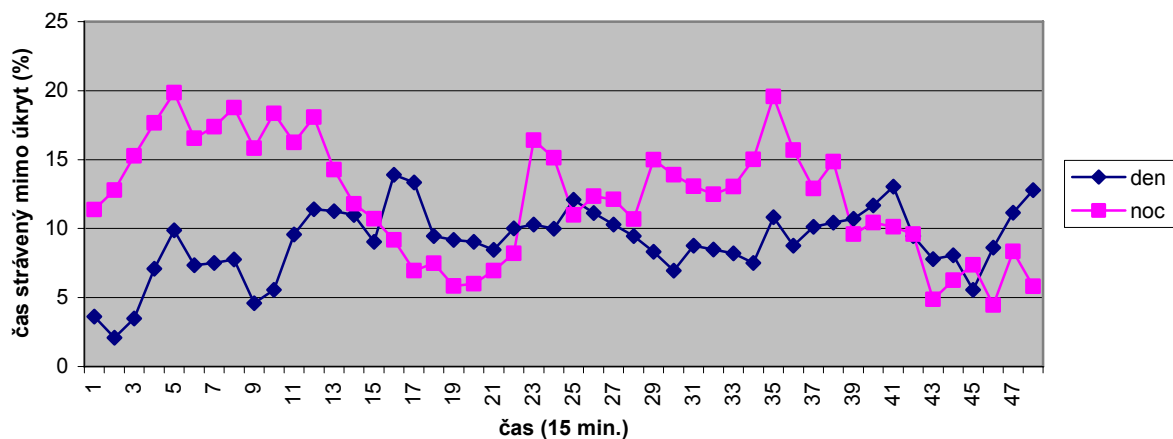


Příloha 9: Aktivita raků říčních ve variantě s úhořem

	samice								samci							
číslo raka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
noc	36,11	0	0	19,03	10,56	15,69	0	10,28	2,083	5,278	13,33	5,556	24,31	33,47	1,806	94,31
noc	7,639	0	7,3611	5,139	0	17,36	0	13,06	4,306	2,222	2,5	2,361	10,56	14,03	0	100
noc	6,111	0	0	0	52,78	2,5	0	4,306	16,53	11,25	6,389	8,056	4,306	14,86	0	0
průměr	16,62	0	2,4537	8,056	21,11	11,85	0	9,213	7,639	6,25	7,407	5,324	13,06	20,79	0,602	64,77
sm.od.	13,8	0	3,4701	8,037	22,8	6,648	0	3,651	6,351	3,749	4,481	2,331	8,354	8,976	0,851	45,86
den	0,556	0	2,7778	23,89	0	15	0	2,083	6,111	3,889	0,278	0,694	24,72	20	0	78,75
den	0,972	0	0	0	5,556	6,389	0	3,611	5,556	2,778	0	0,417	5,972	10,42	0	100
den	8,056	0	10,417	59,03	1,806	8,333	0	7,639	3,194	6,389	0	0,833	2,5	6,111	0	0
průměr	3,194	0	4,3981	27,64	2,454	9,907	0	4,444	4,954	4,352	0,093	0,648	11,06	12,18	0	59,58
sm.od.	3,442	0	4,4042	24,24	2,314	3,687	0	2,343	1,264	1,51	0,131	0,173	9,761	5,805	0	43,02

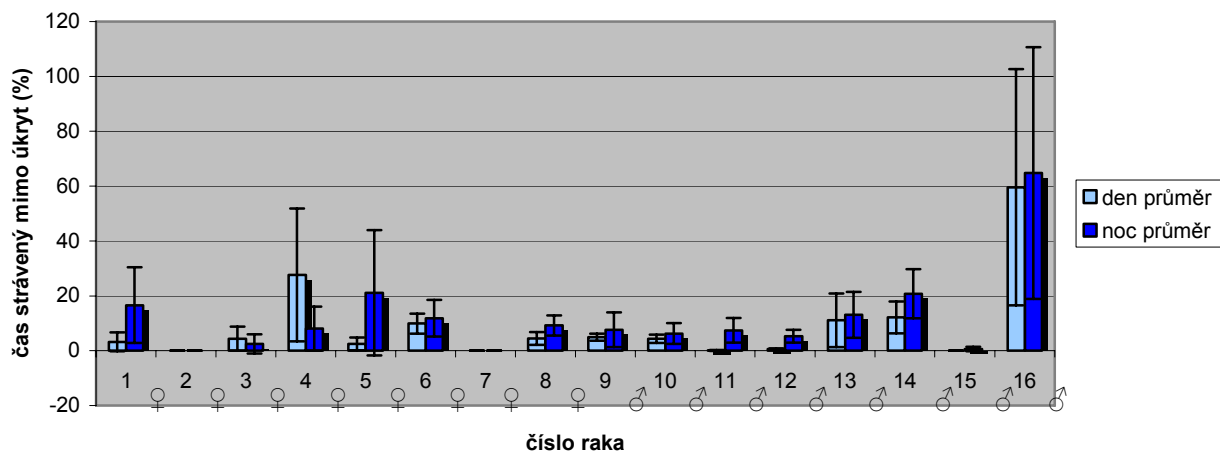
Příloha 10: Průběh denní a noční aktivity raků říčních ve variantě s úhořem

Astacus astacus vs. úhoř



Příloha 11: Denní a noční aktivita raků říčních ve variantě s úhořem

Astacus astacus vs. úhoř
graf průměrů a směrodatných odchylek

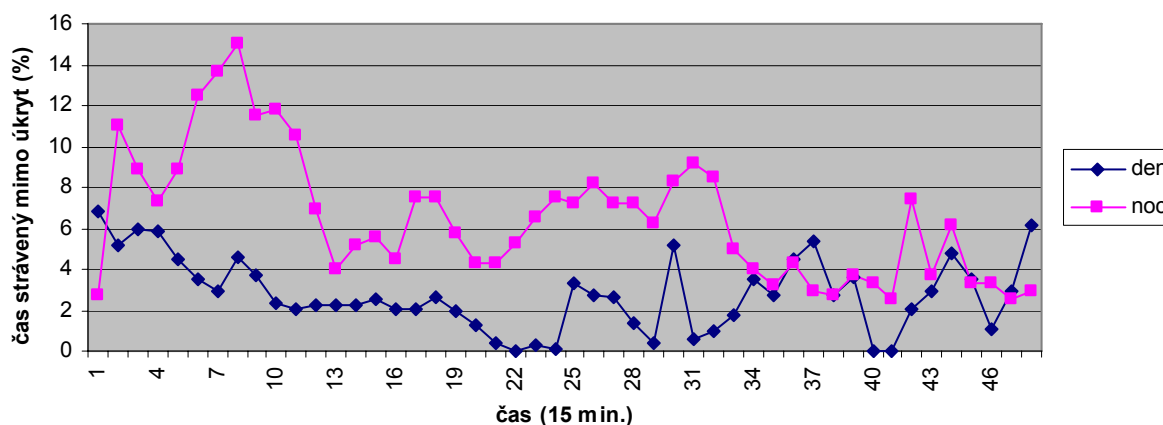


Příloha 12: Aktivita raků říčních ve variantě se štikou

číslo raka	samice								samci							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
noc	0	0	0	95	3,8889	0	0	11,39	8,056	4,028	0	46,81	40,83	6,389	0	0,139
noc	0	0	0	0	3,0556	0,139	0	0	1,389	0	0	13,89	7,917	9,861	3,472	0
noc	8,333	0	0	0	12,222	1,806	0	0	1,389	0,694	0	17,08	6,806	6,25	0	0,972
průměr	2,778	0	0	31,67	6,3889	0,648	0	3,796	3,611	1,574	0	25,93	18,52	7,5	1,157	0,37
sm.od.	3,928	0	0	44,78	4,1388	0,82	0	5,369	3,143	1,758	0	14,82	15,79	1,671	1,637	0,429
den	0	0	2,5	11,53	0	1,389	0	0	4,306	0,417	0	23,89	1,944	2,361	0,139	0
den	0	0	0	37,5	4,7222	0	0	9,028	3,194	0,972	0	8,889	0	6,25	0	3,611
den	0	0	0	0	0	1,111	0	0,139	0	3,333	0	3,75	0	1,25	0	0
průměr	0	0	0,8333	16,34	1,5741	0,833	0	3,056	2,5	1,574	0	12,18	0,648	3,287	0,046	1,204
sm.od.	0	0	1,1785	15,68	2,2261	0,6	0	4,223	1,825	1,264	0	8,544	0,917	2,144	0,065	1,702

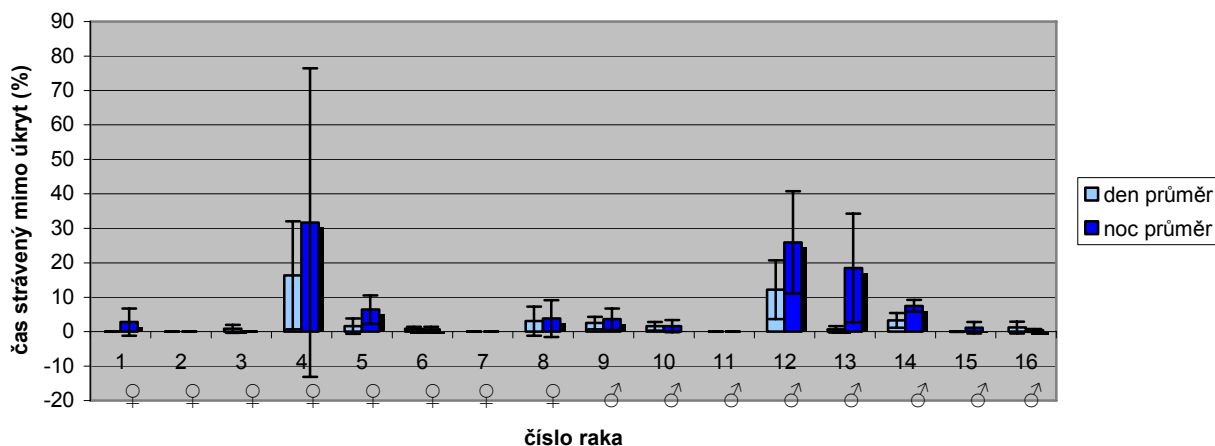
Příloha 13: Průběh denní a noční aktivity raků říčních ve variantě se štikou

Astacus astacus vs. štika



Příloha 14: Denní a noční aktivita raků říčních ve variantě se štikou

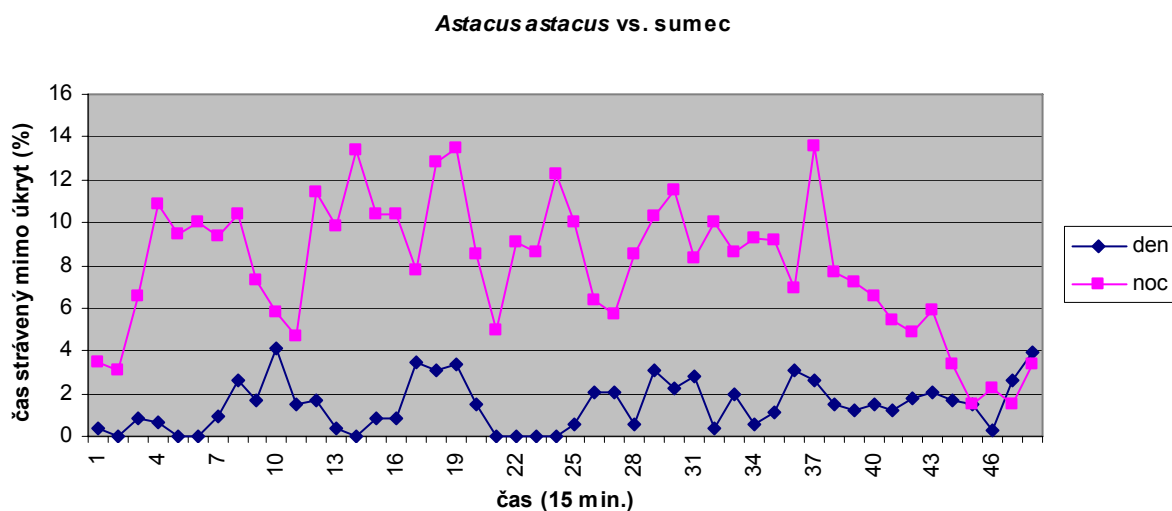
Astacus astacus vs. štika
graf průměrů a směrodatných odchylek



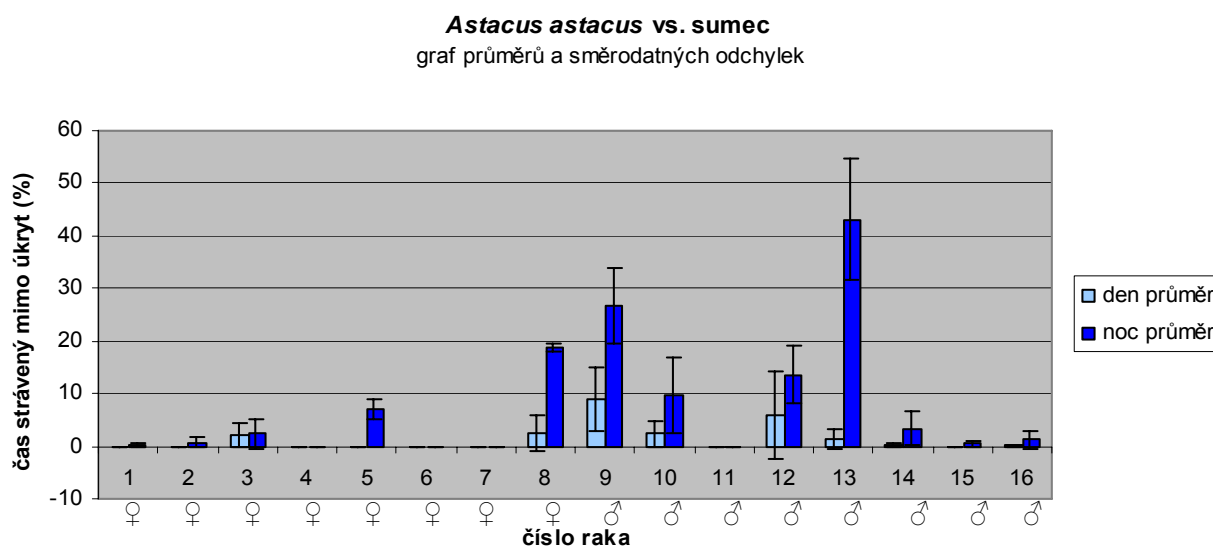
Příloha 15: Aktivita raků říčních ve variantě se sumcem

	samice								samci							
číslo raka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
den	0	0	5,2778	0	0	0	0	0	9,306	0	0	0	3,889	0,694	0	0,417
den	0	0	0	0	0	0	0	7,5	1,389	1,25	0	0	0	0	0	0
den	0	0	1,3889	0	0	0	0	0	16,25	5,694	0	17,5	0	0	0	0
průměr	0	0	2,2222	0	0	0	0	2,5	8,981	2,315	0	5,833	1,296	0,231	0	0,139
sm.od.	0	0	2,2338	0	0	0	0	3,536	6,071	2,444	0	8,25	1,833	0,327	0	0,196
noc	0	0	6,25	0	4,306	0	0	19,17	16,39	8,472	0	5,833	28,89	0	1,25	0
noc	0,556	0	0	0	8,194	0	0	19,31	32,22	1,667	0	16,25	57,36	7,639	0	3,75
noc	0	2,083	0,6944	0	8,75	0	0	17,64	31,39	19,17	0	18,61	43,19	2,5	0	0
průměr	0,185	0,694	2,3148	0	7,083	0	0	18,7	26,67	9,769	0	13,56	43,15	3,38	0,417	1,25
sm.od.	0,262	0,982	2,797	0	1,977	0	0	0,755	7,275	7,203	0	5,551	11,62	3,18	0,589	1,768

Příloha 16: Průběh denní a noční aktivity raků říčních ve variantě se sumcem



Příloha 17: Denní a noční aktivita raků říčních ve variantě se sumcem

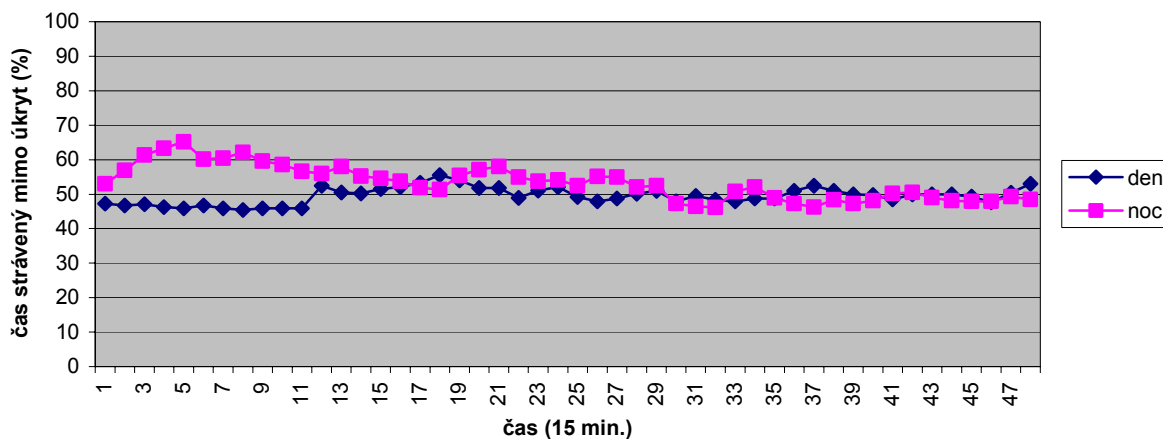


Příloha 18: Aktivita raků pruhovaných v kontrole

	samice								samci							
číslo raka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
den	100	100	0	100	100	9,86	100	100	4,02	42,78	2,64	0	0,42	1,11	0,42	0
den	100	100	76,53	100	100	100	100	100	0	0,98	11,94	0	2,08	14,31	0	10,97
den	100	100	99,58	100	100	100	100	100	0	0,136	1,658	0	0,289	1,988	0	2,5
průměr	100	100	58,7	100	100	69,95	100	100	1,34	14,63	5,413	0	0,93	5,803	0,14	4,49
sm.od.	0	0	42,56	0	0	42,49	0	0	1,895	19,91	4,633	0	0,815	6,026	0,198	4,694
noc	100	99,86	0	100	100	46,81	100	98,61	0	18,19	56,94	11,53	0	0	24,72	5,972
noc	100	100	98,89	100	98,89	93,47	100	32,64	0	0,417	47,78	0	0	2,5	55	52,78
noc	100	100	100	88,47	100	100	100	99,44	0	0	21,53	4,722	0	0	0	100
průměr	100	99,95	66,3	96,16	99,63	80,09	100	76,9	0	6,204	42,08	5,417	0	0,833	26,57	52,92
sm.od.	0	0,065	46,88	5,434	0,524	23,69	0	31,3	0	8,48	15,01	4,732	0	1,179	22,49	38,39

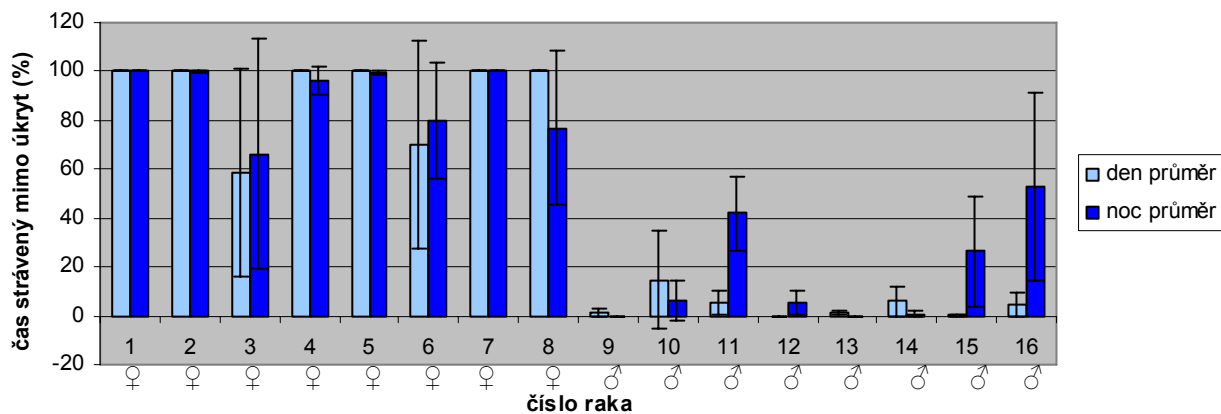
Příloha 19: Průběh denní a noční aktivity raků pruhovaných v kontrole

Orconectes limosus - kontrola



Příloha 20: Denní a noční Aktivita raků pruhovaných v kontrole

Orconectes limosus - kontrola
graf průměrů a směrodatných odchylek

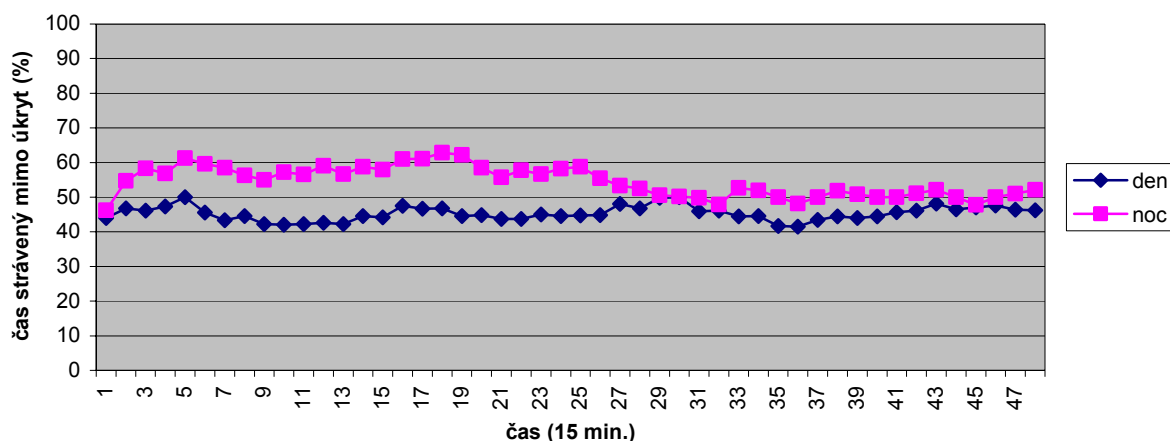


Příloha 21: Aktivita raků pruhovaných ve variantě s úhořem za přepážkou

číslo raka	samice								samci							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
den	96,53	0	99,58	100	99,03	0	94,31	100	9,444	0	25,42	20,97	62,64	0	0	0
den	100	0	100	99,72	100	13,06	98,89	100	4,444	0	24,86	46,81	98,75	0	0	0
den	100	0	99,86	51,94	100	91,11	100	100	0,833	0	13,33	0	22,78	0	0	0
průměr	98,84	0	99,81	83,89	99,68	34,72	97,73	100	4,907	0	21,2	22,59	61,39	0	0	0
sm.od.	1,637	0	0,173	22,59	0,458	40,23	2,465	0	3,531	0	5,57	19,14	31,03	0	0	0
noc	96,39	0	98,75	99,17	100	48,47	100	100	25,14	0	65,28	86,39	91,67	0	0	0
noc	100	0	98,89	37,64	100	96,39	100	100	25,14	2,222	45,28	37,5	55	0	2,222	0
noc	99,86	0	99,72	93,61	100	71,81	100	100	15,97	2,778	56,67	82,08	80,56	0	0	0
průměr	98,75	0	99,12	76,81	100	72,22	100	100	22,08	1,667	55,74	68,66	75,74	0	0,741	0
sm.od.	1,671	0	0,429	27,79	0	19,56	0	0	4,321	1,2	8,191	22,1	15,35	0	1,048	0

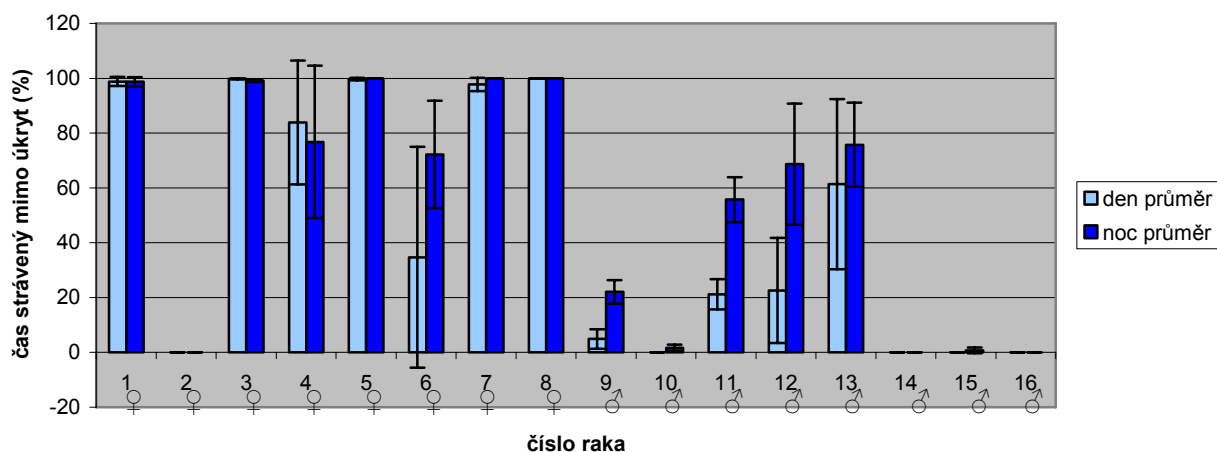
Příloha 22: Průběh aktivity raků pruhovaných ve variantě s úhořem za přepážkou

Orconectes limosus vs. úhoř za přepážkou



Příloha 23: Denní a noční aktivita raků pruhovaných ve variantě s úhořem za přepážkou

Orconectes limosus vs. úhoř za přepážkou
graf průměrů a směrodatných odchylek

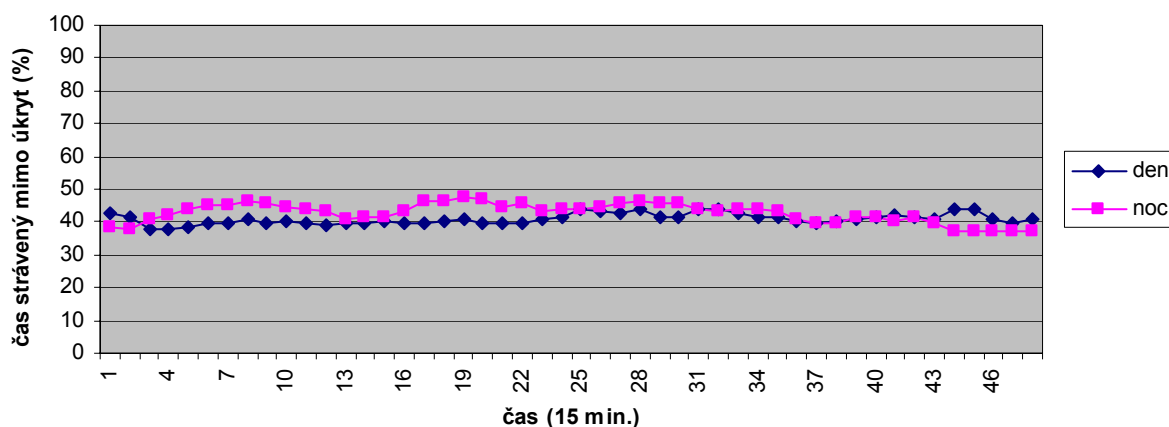


Příloha 24: Aktivita raků pruhovaných ve variantě s úhořem za průhlednou přepážkou

číslo raka	samice								samci							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
den	100	0	4,583	100	99,31	100	100	100	3,472	0	1,667	2,361	2,083	0	0	0
den	100	0	0	100	100	100	100	100	8,333	0	1,944	1,528	22,08	0	0	0
den	100	0	0	100	100	100	100	100	0,694	17,64	5,972	0	90,69	0	0	1,25
průměr	100	0	1,528	100	99,77	100	100	100	4,167	5,88	3,194	1,296	38,29	0	0	0,417
sm.od.	0	0	2,161	0	0,327	0	0	0	3,157	8,315	1,967	0,978	37,95	0	0	0,589
noc	100	0	0	100	100	100	0	100	2,222	0	6,25	4,167	1,667	0	0	100
noc	100	0	0	100	100	100	100	100	17,08	10,69	78,06	0,556	0	0	0	0
noc	100	0	0	95	100	100	100	100	8,194	1,25	46,39	76,53	2,222	0	0	0
průměr	100	0	0	98,33	100	100	66,67	100	9,167	3,981	43,56	27,08	1,296	0	0	33,33
sm.od.	0	0	0	2,357	0	0	47,14	0	6,106	4,774	29,38	34,99	0,944	0	0	47,14

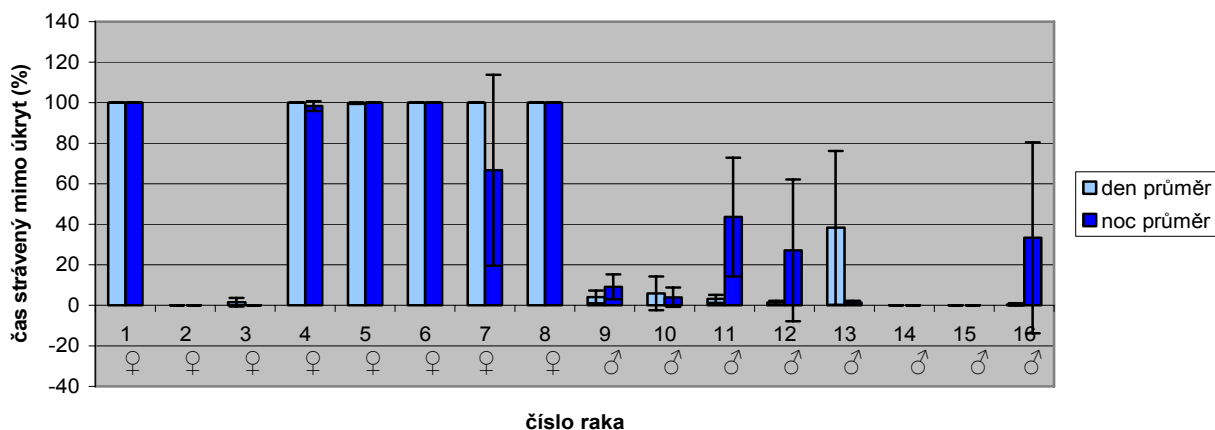
Příloha 25: Průběh aktivity raků pruhovaných ve variantě s úhořem za průhlednou přepážkou

Orconectes limosus vs. úhoř za průhlednou přepážkou



Příloha 26: Aktivita raků pruhovaných ve variantě s úhořem za průhlednou přepážkou

Orconectes vs. úhoř za průhl. přepážkou
graf průměrů a směrodatných odchylek

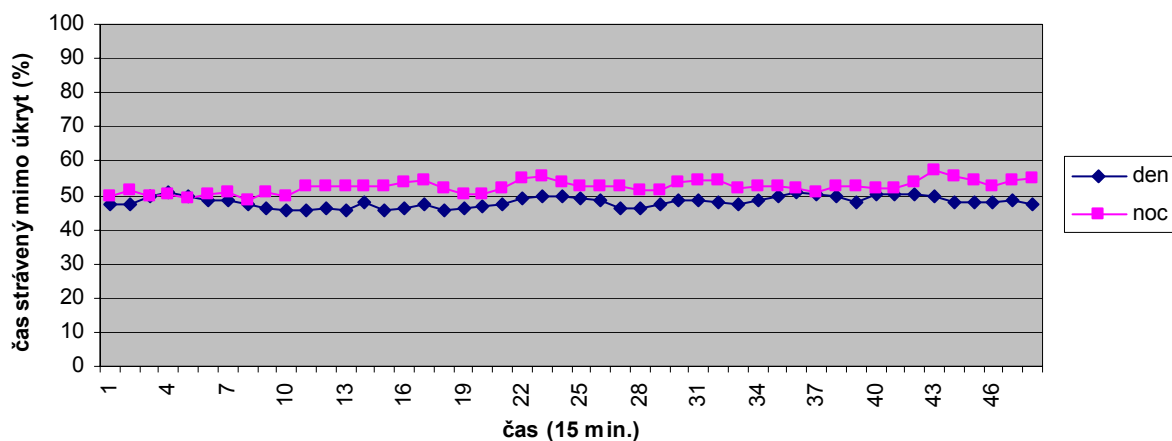


Příloha 27: Aktivita raků pruhovaných ve variantě s úhořem

číslo raka	samice								samci							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
den	100	0	0	95,69	100	100	100	100	0,278	6,944	8,194	4,444	100	1,25	0	0
den	100	0	100	99,86	100	100	100	100	0	0,417	8,333	0	100	3,056	0	0
den	100	0	100	99,72	100	100	100	100	0	3,056	2,917	50,28	0	0	0	25,97
průměr	100	0	66,67	98,43	100	100	100	100	0,093	3,472	6,481	18,24	66,67	1,435	0	8,657
sm.odch.	0	0	47,14	1,932	0	0	0	0	0,131	2,681	2,521	22,73	47,14	1,254	0	12,24
noc	100	0	100	100	100	100	100	100	0	6,389	24,72	1,25	100	0,278	0	0
noc	96,39	0	100	100	100	100	100	100	0	27,64	23,19	28,89	100	4,444	0	10,97
noc	100	0	100	100	100	100	100	100	0	0,139	1,667	5,972	0	0	0	84,17
průměr	98,8	0	100	100	100	100	100	100	0	11,39	16,53	12,04	66,67	1,574	0	31,71
sm.odch.	1,702	0	0	0	0	0	0	0	0	11,77	10,53	12,07	47,14	2,033	0	37,36

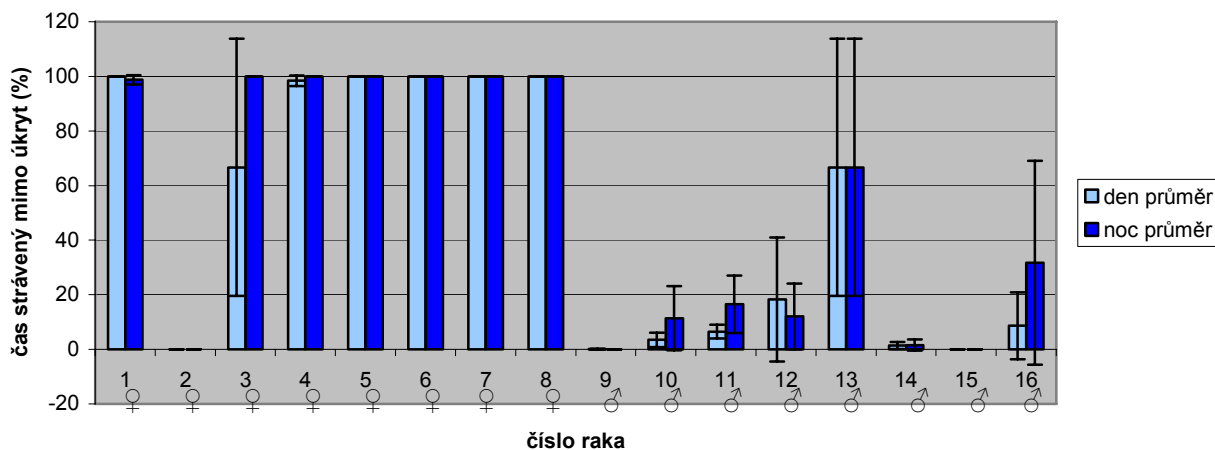
Příloha 28: Průběh denní a noční aktivity raků pruhovaných ve variantě s úhořem

Orconectes limosus vs. úhoř



Příloha 29: Denní a noční aktivita raků pruhovaných ve variantě s úhořem

Orconectes limosus vs. úhoř
graf průměrů a směrodatných odchylek

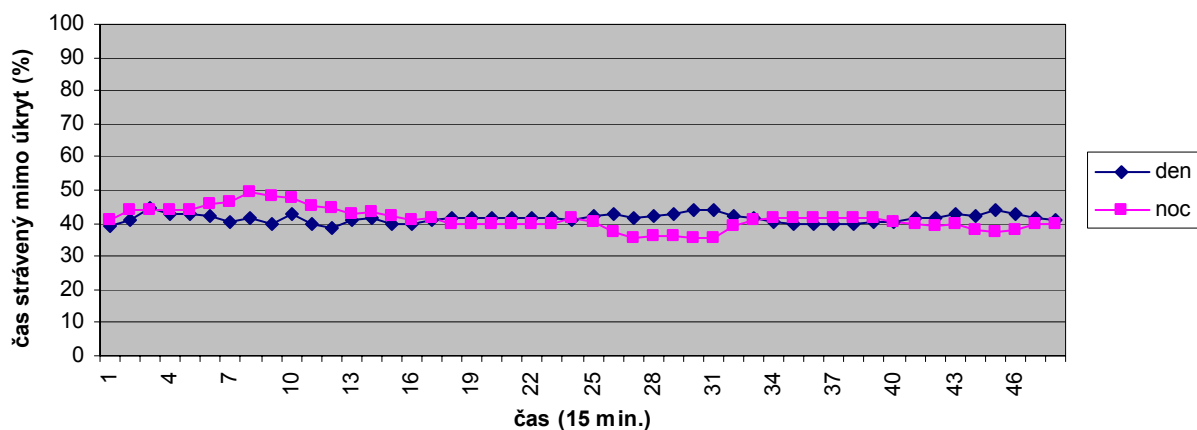


Příloha 30: Aktivita raků pruhovaných ve variantě se štikou

číslo raka	samice								samci							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
den	100	0	0	100	100	95,28	100	99,58	0,694	55,83	7,778	0	69,31	1,944	0	16,94
den	100	0	0	100	100	100	100	100	0	0	1,25	0	6,944	17,22	0	1,111
den	100	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	3,056	0	0	10,97
průměr	100	0	0	100	100	98,43	100	99,86	0,231	18,61	3,009	0	26,44	6,389	0	9,676
sm.od.	0	0	0	0	0	2,226	0	0,196	0,327	26,32	3,41	0	30,36	7,701	0	6,529
noc	100	0	0	100	100	68,47	100	100	0	0	20	0,139	8,611	38,61	0	33,33
noc	100	0	0	100	100	99,44	100	100	0	0	0	0	0,694	47,22	0	24,31
noc	100	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	8,333	0	0	22,64
průměr	100	0	0	100	100	89,31	100	100	0	0	6,667	0,046	5,88	28,61	0	26,76
sm.od.	0	0	0	0	0	14,73	0	0	0	0	9,428	0,065	3,668	20,53	0	4,698

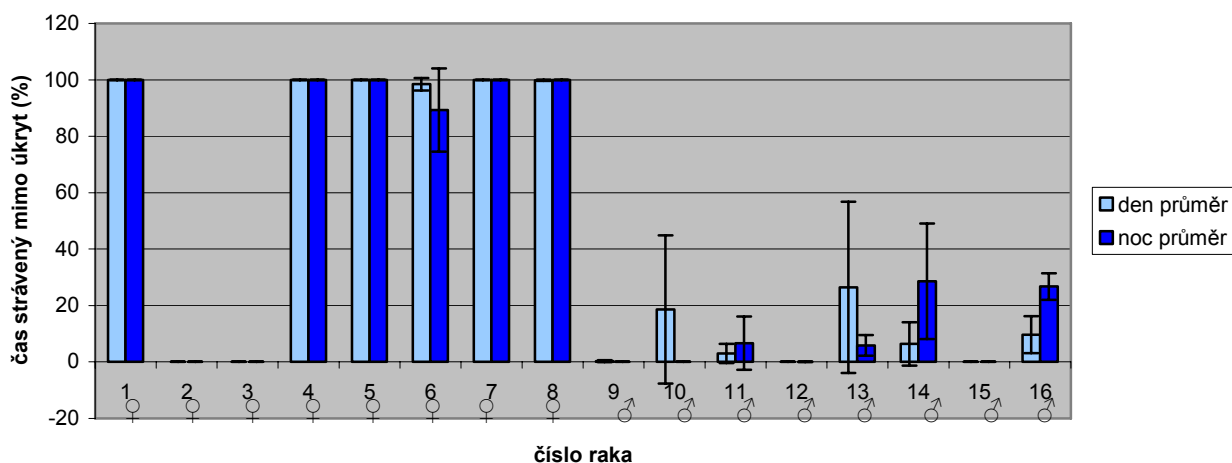
Příloha 31: Průběh denní a noční aktivity raků pruhovaných ve variantě se štikou

Orconectes limosus vs. štika



Příloha 32: Denní a noční aktivita raků pruhovaných ve variantě se štikou

Orconectes limosus vs. štika
graf průměrů a směrodatných odchylek

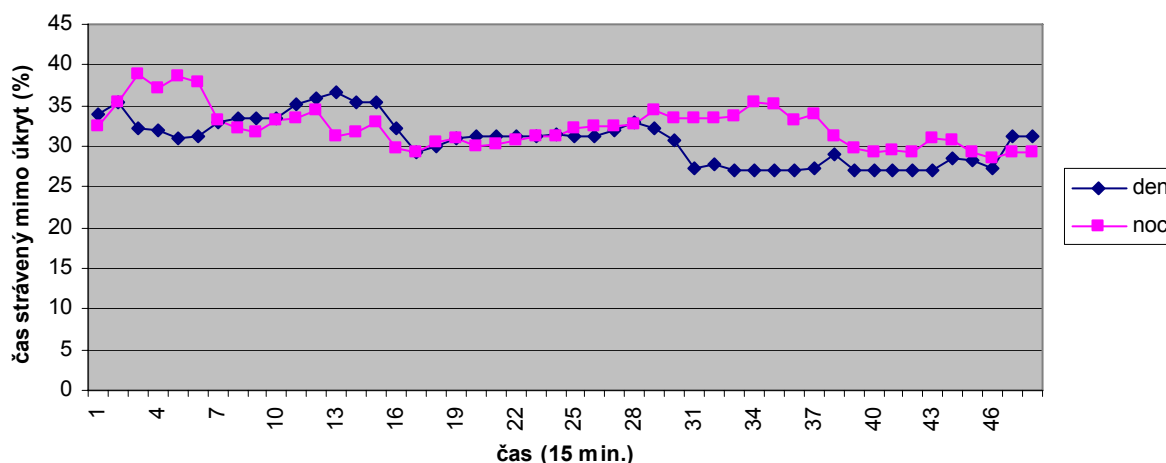


Příloha 33: Aktivita raků pruhovaných ve variantě se sumcem

číslo raka	samice								samci							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
den	100	0,833	0	88,89	100	99,86	100	100	0,833	0,278	0	5	6,389	10,83	0	1,806
den	100	0	0	100	100	32,78	100	61,11	0	0	0	0	59,44	0	0	0
den	100	0	0	9,167	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
průměr	100	0,278	0	66,02	100	44,21	100	53,7	0,278	0,093	0	1,667	21,94	3,611	0	0,602
sm.od.	0	0,34	0	35,04	0	35,99	0	35,65	0,34	0,113	0	2,041	23,07	4,423	0	0,737
noc	100	0	0	100	99,86	99,86	100	99,72	0,139	0	0	14,72	9,722	1,528	0	29,44
noc	100	0	0	99,31	100	0	100	45,83	0	0	0	4,306	18,33	0	0	24,31
noc	99,72	0	0	95,83	100	0	100	2,083	0	0	0	0	0	0,278	0	5,972
průměr	99,91	0	0	98,38	99,95	33,29	100	49,21	0,046	0	0	6,343	9,352	0,602	0	19,91
sm.od.	0,131	0	0	1,823	0,065	47,07	0	39,93	0,065	0	0	6,181	7,489	0,664	0	10,07

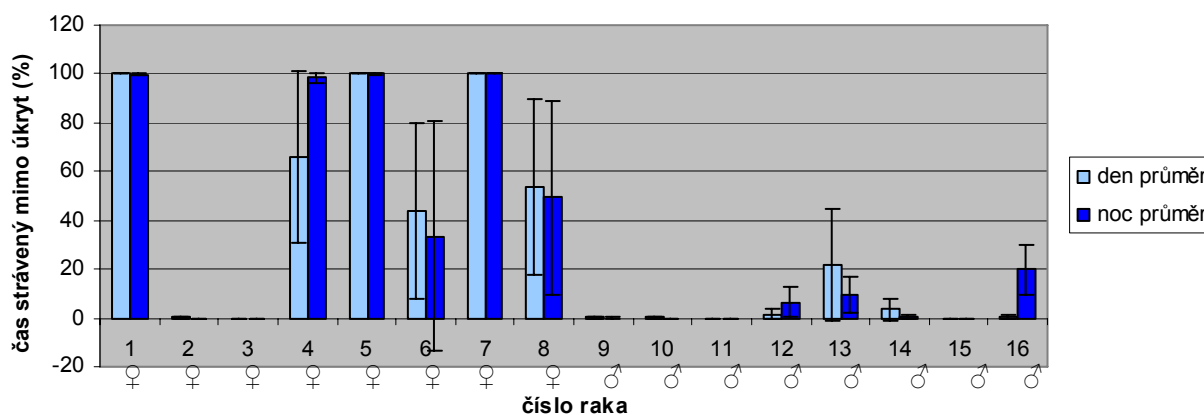
Příloha 34: Průběh denní a noční aktivity raků pruhovaných ve variantě se sumcem

Orconectes limosus vs. sumec



Příloha 35: Denní a noční aktivita raků pruhovaných ve variantě se sumcem

Orconectes limosus vs. sumec
graf průměrů a směrodatných odchylek

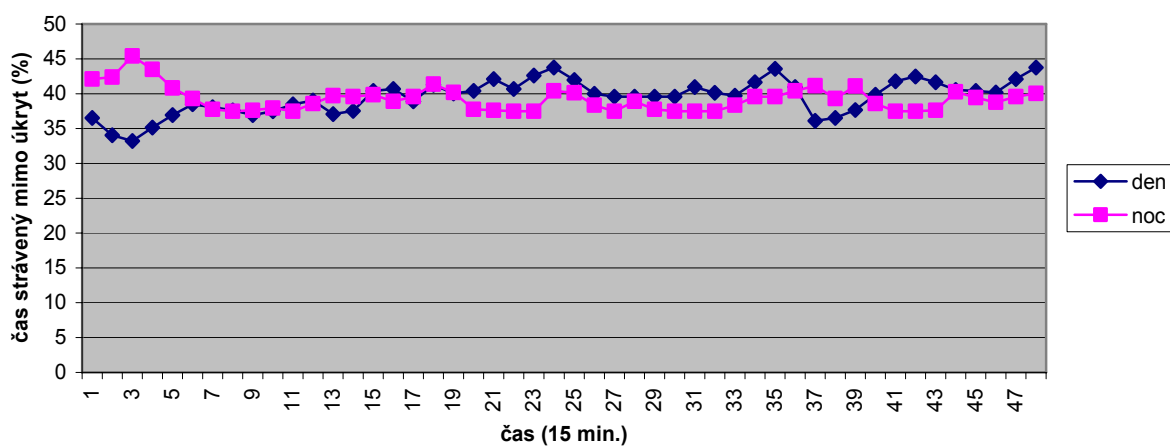


Příloha 36: Aktivita raků pruhovaných ve variantě s okounem

číslo raka	samice								samci							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
den	97,78	0	0	93,06	99,58	86,81	88,06	97,92	0	0	0,833	15	8,889	35	0	80,97
den	100	0	0	95	100	100	100	100	0	0	0	0	1,806	0	0	3,194
den	100	0	0	91,11	100	96,53	100	96,11	0	1,806	0	3,056	3,889	0	0	1,389
průměr	99,26	0	0	93,06	99,86	94,44	96,02	98,01	0	0,602	0,278	6,019	4,861	11,67	0	28,52
sm.od.	1,048	0	0	1,588	0,196	5,584	5,631	1,589	0	0,851	0,393	6,472	2,972	16,5	0	37,1
noc	100	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	7,222	0,139	1,806	0	14,44
noc	100	0	0	99,44	100	100	100	99,31	0	0	0	0,972	1,667	0	0	28,89
noc	100	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	7,639	4,722	0	0	18,06
průměr	100	0	0	99,81	100	100	100	99,77	0	0	0	5,278	2,176	0,602	0	20,46
sm.od.	0	0	0	0,262	0	0	0	0,327	0	0	0	3,049	1,905	0,851	0	6,138

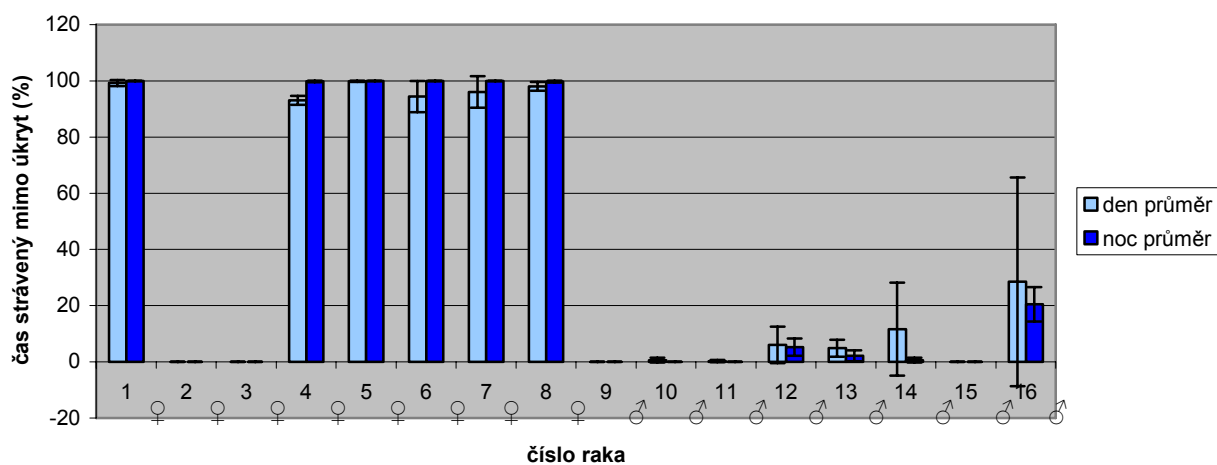
Příloha 37: Průběh denní a noční aktivity raků pruhovaných ve variantě s okounem

Orconectes limosus vs. okoun



Příloha 38: Denní a noční aktivita raků pruhovaných ve variantě s okounem

Orconectes limosus vs. okoun
 graf průměrů a směrodatných odchylek

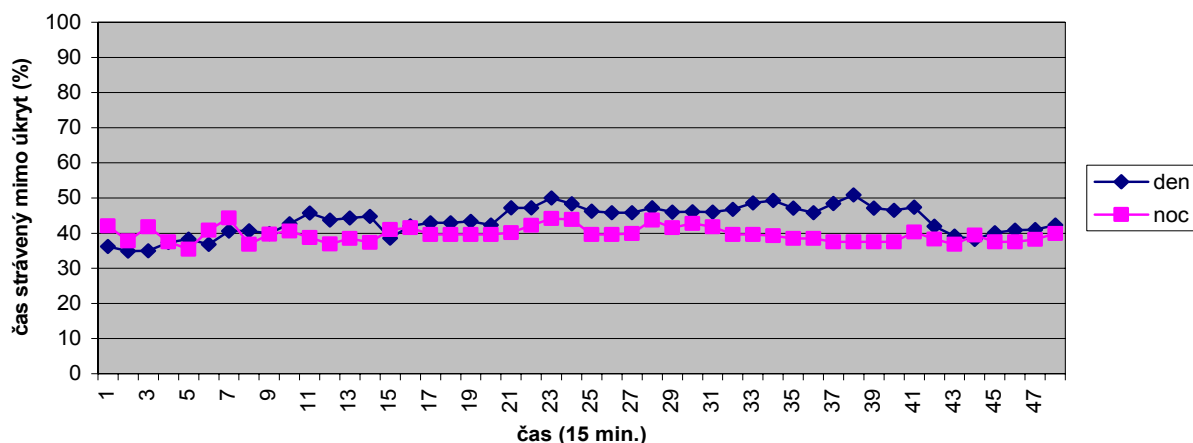


Příloha 39: Aktivita raků pruhovaných ve variantě s mníkem

	samice								samci							
číslo raka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
den	100	0	0,694	100	100	100	100	62,08	6,806	39,44	18,61	40,69	74,17	26,39	0	34,86
den	100	0	0	100	99,58	56,81	77,78	100	4,444	45,69	1,111	0	53,19	0	0	0
den	100	0	0	84,86	100	100	100	100	0,417	7,222	8,75	0	46,94	0	0	0
prům.	100	0	0,231	94,95	99,86	85,6	92,59	87,36	3,889	30,79	9,491	13,56	58,1	8,796	0	11,62
sm.od.	0	0	0,327	7,137	0,196	20,36	10,48	17,87	2,638	16,86	7,164	19,18	11,64	12,44	0	16,43
noc	99,86	0,556	0	100	100	96,25	100	100	0,417	3,472	58,06	0	5,972	5,278	0	17,5
noc	100	0	0	98,89	100	73,33	100	100	6,667	15,69	4,722	0,556	7,361	0	0	0
noc	100	1	0	100	100	88	100	100	2	15	40	0	6	0	0	0
prům.	99,95	0,425	0	99,63	100	85,97	100	100	3,176	11,39	34,37	0,185	6,575	1,759	0	5,833
sm.od.	0,065	0,308	0	0,524	0	9,503	0	0	2,603	5,604	22,18	0,262	0,582	2,488	0	8,25

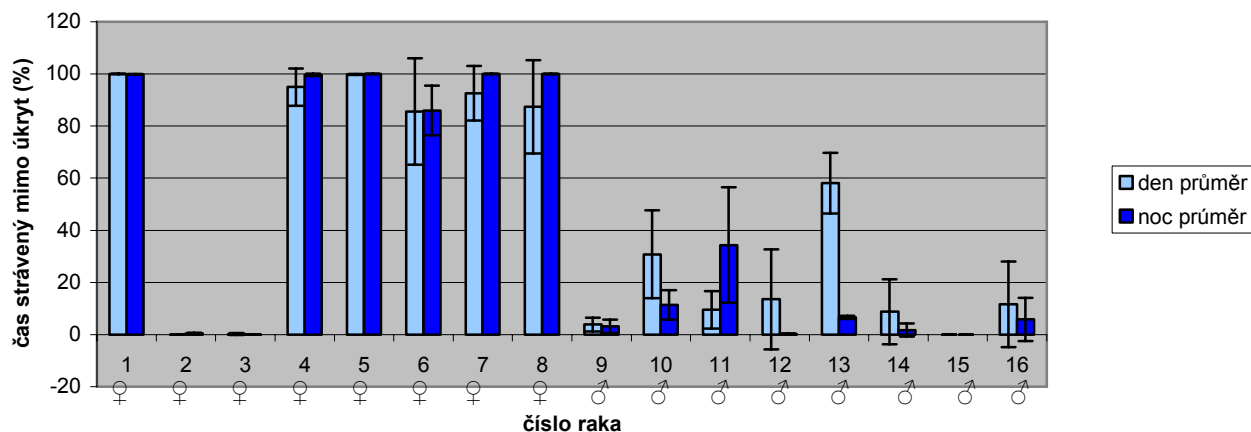
Příloha 40: Průběh denní a noční aktivity raků pruhovaných ve variantě s mníkem

Orconectes limosus vs. mník



Příloha 41: Denní a noční aktivita raků pruhovaných ve variantě s mníkem

Orconectes limosus vs. mník
graf průměrů a směrodatných odchylek

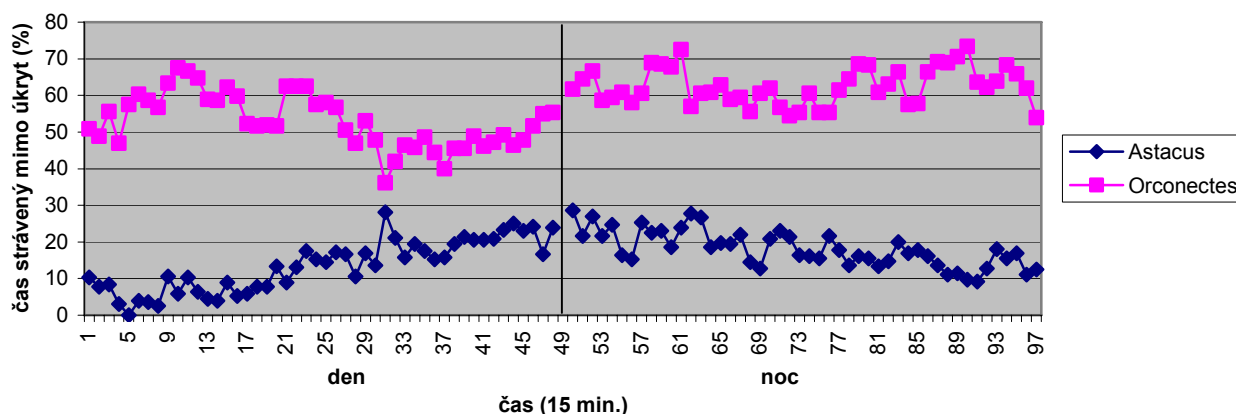


Příloha 42: Aktivita raků v polykultuře

	<i>Astacus astacus</i>								<i>Orconectes limosus</i>							
	samice				samci				samice				samci			
číslo raka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
den	16,11	3,194	0	71,39	4,722	1,389	0	0,694	95	0,417	88,33	100	96,53	0	92,08	94,72
den	0	49,6	0	0,56	50	11,9	0	4,44	57,5	0,69	49	62,4	100	1,94	41,4	58,8
den	4,444	0	0	14,03	74,31	11,67	0	4,444	27,92	16,25	38,61	77,64	91,11	1,25	9,583	71,11
průměr	6,852	17,59	0	28,66	43,01	8,333	0	3,194	60,14	5,787	58,66	80	95,88	1,065	47,69	74,86
sm.od.	6,794	22,66	0	30,71	28,83	4,912	0	1,768	27,45	7,399	21,41	15,46	3,658	0,805	33,97	14,92
noc	25,69	6,667	0	100	40,28	7,917	1,806	9,167	100	43,47	90,97	62,36	100	5,833	94,86	98,47
noc	7,083	14,72	0	7,361	72,22	12,78	0,694	12,64	66,39	30	78,33	48,61	100	3,194	71,94	71,25
noc	19,58	0	0	23,47	56,81	11,11	0,694	3,75	100	83,33	23,61	51,81	100	0	18,47	56,81
průměr	17,45	7,13	0	43,61	56,44	10,6	1,065	8,519	88,8	52,27	64,31	54,26	100	3,009	61,76	75,51
sm.od.	7,746	6,019	0	40,41	13,04	2,017	0,524	3,658	15,84	22,64	29,23	5,875	0	2,385	32,01	17,27

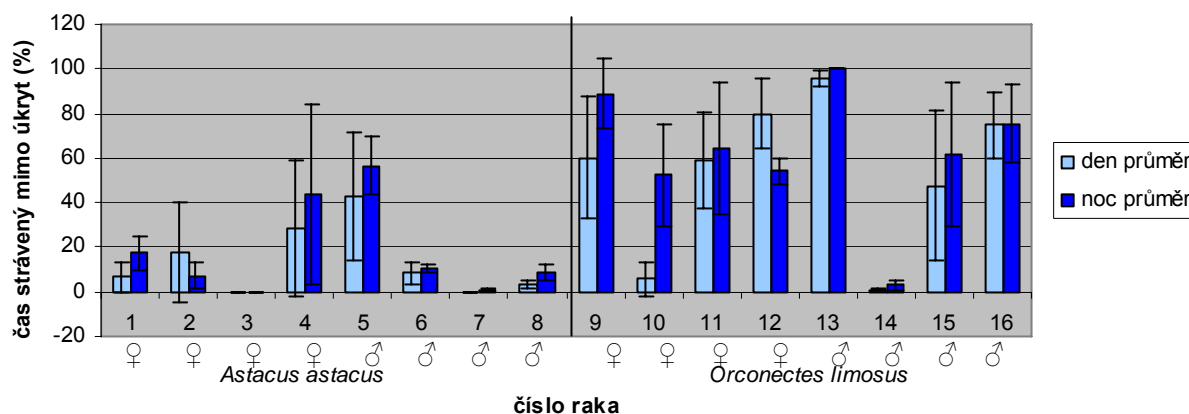
Příloha 43: Průběh aktivity raků říčních a pruhovaných v polykultuře

Astacus vs. Orconectes 2
Interakce mezi oběma druhy ve společné nádrži



Příloha 44: Denní a noční aktivita raků říčních a pruhovaných v polykultuře

Astacus vs. Orconectes 2
graf průměrů a směrodatných odchylek

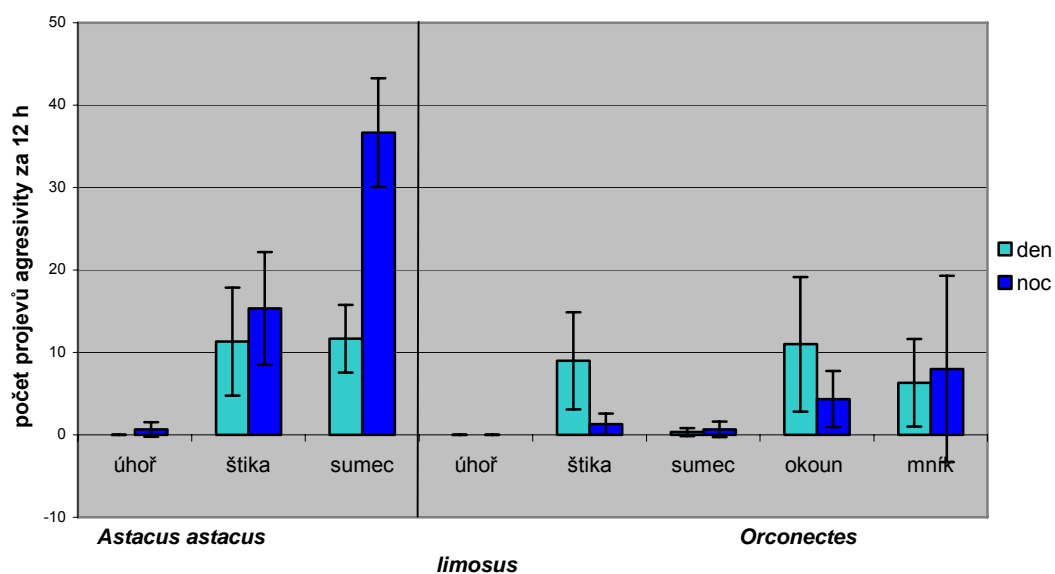


Příloha 45: Počty projevů agresivity raků říčních a pruhovaných vůči rybím predátorům

varianta	<i>Astacus astacus</i>			<i>Orconectes limosus</i>				
	úhoř	štika	sumec	úhoř	štika	sumec	okoun	mník
den	0	19	17	0	17	0	21	13
den	0	12	11	0	3	1	1	6
den	0	3	7	0	7	0	11	0
průměr	0	11	12	0	9	0,3	11	6,3
sm. od.	0	6,5	4,1	0	5,9	0,5	8,2	5,3
noc	0	25	28	0	1	2	1	24
noc	2	11	38	0	0	0	3	0
noc	0	10	44	0	3	0	9	0
průměr	0,7	15	37	0	1,3	0,7	4,3	8
sm. od.	0,9	6,8	6,6	0	1,2	0,9	3,4	11,3

Příloha 46: Počty projevů agresivity raků říčních a pruhovaných vůči rybím predátorům během dne a noci

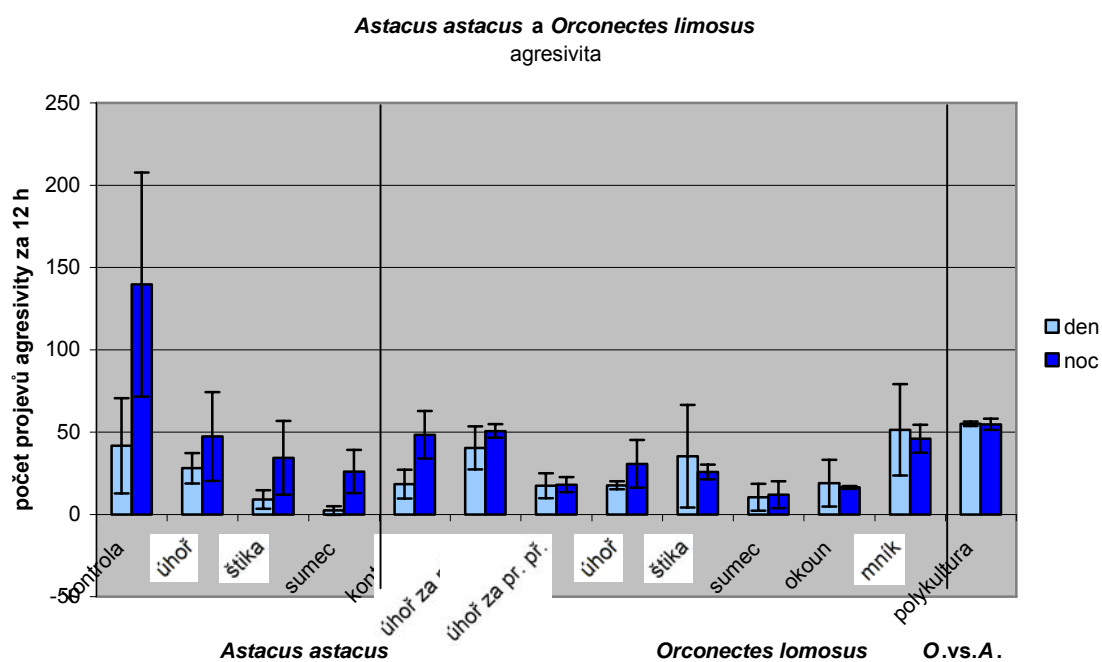
Astacus astacus a *Orconectes limosus*
projevy agresivity vůči rybím predátorům



Příloha 47: Počty projevů agresivity mezi raky v jednotlivých variantách experimentů

varianta	<i>Astacus astacus</i>				<i>Orconectes limosus</i>									A. vs. O.
	kontrola	úhoř	štika	sumec	kontrola	úhoř za přep.	úhoř za průhl. přep.	úhoř	štika	sumec	okoun	mník	polykultura	
den	82	41	13	1	28	52	28	15	79	20	39	89	56	
den	28	20	13	0	20	47	11	17	19	11	10	42	53	
den	15	23	1	6	7	22	13	21	8	0	8	23	56	
průměr	41,7	28	9	2,33	18,3	40,3	17,3	17,7	35,3	10,3	19	51,3	55	
sm. od.	29,0	9,3	5,7	2,6	8,7	13,1	7,6	2,6	31,2	8,2	14,2	27,7	1,4	
noc	149	81	66	9	57	55	13	19	32	22	17	37	56	
noc	218	46	19	28	60	45	17	51	23	12	17	20	58	
noc	52	15	18	41	28	52	24	22	22	2	15	18	50	
průměr	140	47,3	34,3	26	48,3	50,7	18	30,7	25,7	12	16,3	46	54,7	
sm. od.	68,1	27,1	22,4	13,1	14,4	4,2	4,5	14,4	4,5	8,2	0,9	8,5	3,4	

Příloha 48: Počty projevů agresivity mezi raky v jednotlivých variantách během dne a noci



9.3 Tabulky výsledků statistických analýz

9.3.1 Příloha ke kapitole 4.1

Příloha 49: Výsledky ANOVY celkové aktivity raků v kontrolách

Effect	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	206430,3	1	206430,3	113,1344	0,000000
{1}SPECIE	59895,6	1	59895,6	32,8259	0,000004
{2}SEX	58856,8	1	58856,8	32,2565	0,000004
SPECIE*SEX	97373,0	1	97373,0	53,3654	0,000000
Error	51090,1	28	1824,6		
{3}DAY/NIGH	4970,5	1	4970,5	10,5787	0,002981
DAY/NIGH*SPECIE	949,6	1	949,6	2,0210	0,166177
DAY/NIGH*SEX	705,4	1	705,4	1,5013	0,230685
DAY/NIGH*SPECIE*SEX	460,8	1	460,8	0,9808	0,330485
Error	13155,9	28	469,9		
{4}ORDINAL	1497,9	2	748,9	1,4780	0,236844
ORDINAL*SPECIE	557,1	2	278,5	0,5497	0,580208
ORDINAL*SEX	2426,6	2	1213,3	2,3945	0,100503
ORDINAL*SPECIE*SEX	292,2	2	146,1	0,2884	0,750596
Error	28376,0	56	506,7		
DAY/NIGH*ORDINAL	183,2	2	91,6	0,4791	0,621845
DAY/NIGH*ORDINAL*SPECIE	74,9	2	37,5	0,1960	0,822579
DAY/NIGH*ORDINAL*SEX	2,1	2	1,0	0,0055	0,994554
3*4*1*2	599,5	2	299,7	1,5680	0,217470
Error	10705,2	56	191,2		10705,2

Příloha 50: Výsledky ANOVY celkové aktivity raků v rámci všech variant experimentů

Effect	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	815536,2	1	815536,2	200,8127	0,000000
{1}SPECIE	338778,0	1	338778,0	83,4186	0,000000
{2}SEX	221834,2	1	221834,2	54,6231	0,000000
SPECIE*SEX	308845,8	1	308845,8	76,0483	0,000000
Error	828480,5	204	4061,2		
{3}DAY/NIGH	6400,4	1	6400,4	22,4567	0,000004
DAY/NIGH*SPECIE	1101,4	1	1101,4	3,8644	0,050678
DAY/NIGH*SEX	395,3	1	395,3	1,3870	0,240287
DAY/NIGH*SPECIE*SEX	19,6	1	19,6	0,0689	0,793144
Error	58141,9	204	285,0		
{4}ORDINAL	1342,1	2	671,1	1,7943	0,167559
ORDINAL*SPECIE	143,0	2	71,5	0,1912	0,826044
ORDINAL*SEX	1053,3	2	526,7	1,4082	0,245768
ORDINAL*SPECIE*SEX	701,7	2	350,9	0,9382	0,392191
Error	152592,1	408	374,0		
DAY/NIGH*ORDINAL	188,2	2	94,1	0,5966	0,551147
DAY/NIGH*ORDINAL*SPECIE	357,1	2	178,5	1,1317	0,323485
DAY/NIGH*ORDINAL*SEX	150,0	2	75,0	0,4755	0,621903
3*4*1*2	83,2	2	41,6	0,2636	0,768375
Error	64361,3	408	157,7		

Příloha 51: Výsledky ANOVY denní a noční aktivity raků říčních v kontrole

Effect	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	21968,22	1	21968,22	8,203878	0,012494
SEX	2411,12	1	2411,12	0,900417	0,358763
Error	37488,99	14	2677,79		
DAY/NIGH	5132,56	1	5132,56	9,899463	0,007143
DAY/NIGH*SEX	12,96	1	12,96	0,025004	0,876615
Error	7258,56	14	518,47		
ORDINAL	345,60	2	172,80	0,653128	0,528163
ORDINAL*SEX	579,29	2	289,64	1,094767	0,348516
Error	7407,99	28	264,57		
DAY/NIGH*ORDINAL	225,50	2	112,75	0,586501	0,562959
DAY/NIGH*ORDINAL*SEX	274,54	2	137,27	0,714051	0,498357
Error	5382,70	28	192,24		

Příloha 52: Výsledky ANOVY denní a noční aktivity raků říčních v rámci všech variant experimentu

Effect	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	29548,45	1	29548,45	25,60515	0,000005
{1}TREATMENT	7442,93	3	2480,98	2,14989	0,104166
{2}SEX	2923,74	1	2923,74	2,53356	0,117078
TREATMENT*SEX	1040,27	3	346,76	0,30048	0,824901
Error	64624,23	56	1154,00		
{3}DAY/NIGH	4698,36	1	4698,36	21,92182	0,000018
DAY/NIGH*TREATMENT	2014,02	3	671,34	3,13237	0,032613
DAY/NIGH*SEX	221,32	1	221,32	1,03266	0,313904
DAY/NIGH*TREATMENT*SEX	119,70	3	39,90	0,18616	0,905380
Error	12002,12	56	214,32		
{4}ORDINAL	226,83	2	113,42	0,53137	0,589273
ORDINAL*TREATMENT	1576,81	6	262,80	1,23125	0,295691
ORDINAL*SEX	657,55	2	328,78	1,54035	0,218811
ORDINAL*TREATMENT*SEX	1521,52	6	253,59	1,18808	0,317819
Error	23905,55	112	213,44		
DAY/NIGH*ORDINAL	139,52	2	69,76	0,64622	0,525964
DAY/NIGH*ORDINAL*TREATMENT	905,52	6	150,92	1,39809	0,221595
DAY/NIGH*ORDINAL*SEX	2,48	2	1,24	0,01148	0,988590
3*4*1*2	628,93	6	104,82	0,97104	0,448263
Error	12090,13	112	107,95		

Příloha 53: Výsledky ANOVY denní a noční aktivity raků pruhovaných v kontrole

Effect	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	244357,7	1	244357,7	251,5237	0,000000
SEX	153818,7	1	153818,7	158,3296	0,000000
Error	13601,1	14	971,5		
DAY/NIGH	787,5	1	787,5	1,8694	0,193091
DAY/NIGH*SEX	1153,2	1	1153,2	2,7377	0,120242
Error	5897,4	14	421,2		
ORDINAL	1709,4	2	854,7	1,1413	0,333811
ORDINAL*SEX	2139,6	2	1069,8	1,4286	0,256591
Error	20968,0	28	748,9		
DAY/NIGH*ORDINAL	32,6	2	16,3	0,0858	0,918024
DAY/NIGH*ORDINAL*SEX	327,1	2	163,5	0,8603	0,433933
Error	5322,5	28	190,1		

Příloha 54: Výsledky ANOVY denní a noční aktivity raků pruhovaných v rámci všech variant experimentu

Effect	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	1442223	1	1442223	266,5087	0,000000
{1}TREATMENT	29238	7	4177	0,7718	0,612102
{2}SEX	808070	1	808070	149,3235	0,000000
TREATMENT*SEX	10967	7	1567	0,2895	0,956853
Error	606093	112	5412		
{3}DAY/NIGH	1076	1	1076	3,8033	0,053652
DAY/NIGH*TREATMENT	2523	7	360	1,2743	0,269446
DAY/NIGH*SEX	297	1	297	1,0510	0,307496
DAY/NIGH*TREATMENT*SEX	3553	7	508	1,7945	0,095193
Error	31683	112	283		
{4}ORDINAL	543	2	271	0,7195	0,488096
ORDINAL*TREATMENT	8989	14	642	1,7018	0,056493
ORDINAL*SEX	1662	2	831	2,2023	0,112934
ORDINAL*TREATMENT*SEX	6827	14	488	1,2925	0,213137
Error	84514	224	377		
DAY/NIGH*ORDINAL	247	2	124	0,6692	0,513146
DAY/NIGH*ORDINAL*TREATMENT	2059	14	147	0,7963	0,672721
DAY/NIGH*ORDINAL*SEX	394	2	197	1,0677	0,345530
3*4*1*2	3143	14	224	1,2158	0,264816
Error	41361	224	185		

Příloha 55: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání celkové aktivity raků v kontrolách v jednotlivých opakováních

Cell No.	SPECIE	ORDINAL	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
1	Astacus	1		0,953467	0,460758	0,007343	0,000003	0,000002
2	Astacus	2	0,953467		0,496733	0,000197	0,001022	0,000003
3	Astacus	3	0,460758	0,496733		0,000978	0,000024	0,002224
4	Orconectes	1	0,007343	0,000197	0,000978		0,131982	0,105347
5	Orconectes	2	0,000003	0,001022	0,000024	0,131982		0,906928
6	Orconectes	3	0,000002	0,000003	0,002224	0,105347	0,906928	

Příloha 56: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání aktivity raků v jednotlivých opakováních v rámci všech variant experimentů

Cell No.	SPECIE	ORDINAL	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
1	Astacus	1		0,426975	0,419393	0,000000	0,000000	0,000000
2	Astacus	2	0,426975		0,989539	0,000000	0,000000	0,000000
3	Astacus	3	0,419393	0,989539		0,000000	0,000000	0,000001
4	Orconectes	1	0,000000	0,000000	0,000000		0,270568	0,043387
5	Orconectes	2	0,000000	0,000000	0,000000	0,270568		0,356542
6	Orconectes	3	0,000000	0,000000	0,000001	0,043387	0,356542	

9.3.2 Příloha ke kapitole 4.2

Příloha 57: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání celkové aktivity raků říčních ve variantách s rybími predátory vůči kontrole

Cell No.	TREATMENT	{1}	{2}	{3}	{4}
1	control		0,362588	0,036569	0,038035
2	Anguilla	0,362588		0,226108	0,232581
3	Essox	0,036569	0,226108		0,986407
4	Silurus	0,038035	0,232581	0,986407	

Příloha 58: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání celkové aktivity raků pruhovaných ve variantách s rybími predátory vůči kontrole

Cell No.	TREATMENT	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
1	Perca		0,801963	0,300034	0,325418	0,820518	0,307738	0,861967	0,461091
2	Lota	0,801963		0,431327	0,463077	0,980902	0,441007	0,938656	0,323821
3	control	0,300034	0,431327		0,957461	0,417504	0,986838	0,387845	0,077660
4	Anguilla-př.	0,325418	0,463077	0,957461		0,448667	0,970610	0,417686	0,086867
5	Anguilla-pr.p.	0,820518	0,980902	0,417504	0,448667		0,427001	0,957715	0,335622
6	Anguilla	0,307738	0,441007	0,986838	0,970610	0,427001		0,396931	0,080417
7	Essox	0,861967	0,938656	0,387845	0,417686	0,957715	0,396931		0,362748
8	Silurus	0,461091	0,323821	0,077660	0,086867	0,335622	0,080417	0,362748	

Příloha 59: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání denní a noční aktivity raků říčních ve variantách s rybími predátory a v kontrole

Cell No.	TREATMENT	DAY/NIGH	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
1	control	1		0,000005	0,857867	0,411008	0,466240	0,804067	0,361550	0,980030
2	control	2	0,000005		0,013541	0,142996	0,000375	0,024338	0,000163	0,039974
3	Anguilla	1	0,857867	0,013541		0,287871	0,364820	0,630353	0,276030	0,834930
4	Anguilla	2	0,411008	0,142996	0,287871		0,078654	0,412110	0,046331	0,540570
5	Essox	1	0,466240	0,000375	0,364820	0,078654		0,206211	0,852954	0,330115
6	Essox	2	0,804067	0,024338	0,630353	0,412110	0,206211		0,345891	0,834015
7	Silurus	1	0,361550	0,000163	0,276030	0,046331	0,852954	0,345891		0,030725
8	Silurus	2	0,980030	0,039974	0,834930	0,540570	0,330115	0,834015	0,030725	

Příloha 60: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání denní a noční aktivity raků pruhovaných ve variantách s rybími predátory a v kontrole

Cell No.	TREATMENT	DAY/NIGH	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}
1	Perca	1		0,934989	0,789606	0,923947	0,592922	0,208228	0,701960	0,172840	0,927387	0,771011	0,568132	0,239194	0,900701	0,887630	0,560742	0,508343
2	Perca	2	0,934989		0,693890	0,929973	0,445777	0,351130	0,580107	0,313152	0,879678	0,818301	0,416618	0,382596	0,843229	0,903593	0,437678	0,644642
3	Lota	1	0,789606	0,693890		0,388154	0,788668	0,371819	0,907706	0,318143	0,860515	0,938716	0,760904	0,417224	0,887018	0,820692	0,396617	0,304049
4	Lota	2	0,923947	0,929973	0,388154		0,521096	0,398119	0,665576	0,356895	0,975906	0,887182	0,489227	0,432073	0,938943	0,973478	0,369833	0,583041
5	control	1	0,592922	0,445777	0,788668	0,521096		0,098014	0,879076	0,528613	0,657318	0,655327	0,971065	0,658138	0,681796	0,551230	0,265268	0,163272
6	control	2	0,208228	0,351130	0,371819	0,398119	0,098014		0,463041	0,938852	0,256847	0,481632	0,635062	0,952473	0,276672	0,416854	0,040584	0,164643
7	Anguilla-př.	1	0,701960	0,580107	0,907706	0,665576	0,879076	0,463041		0,008672	0,770584	0,812869	0,850559	0,514465	0,796421	0,699179	0,335559	0,235438
8	Anguilla-př.	2	0,172840	0,313152	0,318143	0,356895	0,528613	0,938852	0,008672		0,215436	0,435326	0,561767	0,891576	0,232957	0,374415	0,031497	0,142841
9	Anguilla-pr.p.	1	0,927387	0,879678	0,860515	0,975906	0,657318	0,256847	0,770584	0,215436		0,599988	0,631341	0,292669	0,973159	0,987520	0,501181	0,431466
10	Anguilla-pr.p.	2	0,771011	0,818301	0,938716	0,887182	0,655327	0,481632	0,812869	0,435326	0,599988		0,619666	0,519407	0,905247	0,913498	0,275164	0,489907
11	Anguilla	1	0,568132	0,416618	0,760904	0,489227	0,971065	0,635062	0,850559	0,561767	0,631341	0,619666		0,214560	0,655422	0,518397	0,250149	0,148863
12	Anguilla	2	0,239194	0,382596	0,417224	0,432073	0,658138	0,952473	0,514465	0,891576	0,292669	0,519407	0,214560		0,314326	0,451730	0,049119	0,183269
13	Essox	1	0,900701	0,843229	0,887018	0,938943	0,681796	0,276672	0,796421	0,232957	0,973159	0,905247	0,655422	0,314326		0,922293	0,480081	0,404903
14	Essox	2	0,887630	0,903593	0,820692	0,973478	0,551230	0,416854	0,699179	0,374415	0,987520	0,913498	0,518397	0,451730	0,922293		0,345990	0,560484
15	Silurus	1	0,560742	0,437678	0,396617	0,369833	0,265268	0,040584	0,335559	0,031497	0,501181	0,275164	0,250149	0,049119	0,480081	0,345990		0,655355
16	Silurus	2	0,508343	0,644642	0,304049	0,583041	0,163272	0,164643	0,235438	0,142841	0,431466	0,489907	0,148863	0,183269	0,404903	0,560484	0,655355	

Příloha 61: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání celkové aktivity raků říčních ve variantách s rybími predátory a v kontrole v jednotlivých opakováních

Cell No.	ORDINAL	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	ORDINAL
1	control	1		0,928200	0,254913	0,957396	0,558629	0,291940	0,531830	0,082574	0,046178	0,235595	0,132064	0,174626
2	control	2	0,928200		0,294129	0,982546	0,664928	0,266699	0,325348	0,226079	0,040430	0,070018	0,291422	0,157367
3	control	3	0,254913	0,294129		0,517918	0,191505	0,232066	0,100241	0,014754	0,068618	0,013978	0,026879	0,162269
4	Anguilla	1	0,957396	0,982546	0,517918		0,297391	0,076217	0,497561	0,069791	0,038405	0,215552	0,113242	0,151138
5	Anguilla	2	0,558629	0,664928	0,191505	0,297391		0,459214	0,731497	0,433690	0,155197	0,237940	0,531498	0,436977
6	Anguilla	3	0,291940	0,266699	0,232066	0,076217	0,459214		0,897961	0,489148	0,519288	0,476492	0,647199	0,835982
7	Essox	1	0,531830	0,325348	0,100241	0,497561	0,731497	0,897961		0,198705	0,090033	0,571069	0,558123	0,663519
8	Essox	2	0,082574	0,226079	0,014754	0,069791	0,433690	0,489148	0,198705		0,677401	0,983750	0,874288	0,699988
9	Essox	3	0,046178	0,040430	0,068618	0,038405	0,155197	0,519288	0,090033	0,677401		0,806938	0,617727	0,661245
10	Silurus	1	0,235595	0,070018	0,013978	0,215552	0,237940	0,476492	0,571069	0,983750	0,806938		0,688703	0,523919
11	Silurus	2	0,132064	0,291422	0,026879	0,113242	0,531498	0,647199	0,558123	0,874288	0,617727	0,688703		0,812574
12	Silurus	3	0,174626	0,157367	0,162269	0,151138	0,436977	0,835982	0,663519	0,699988	0,661245	0,523919	0,812574	

Příloha 62: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání celkové aktivity raků pruhovaných ve variantách s rybími predátory a v kontrole v jednotlivých opakováních

Cell No.	TREATMENT	ORDINAL	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}	{22}	{23}	{24}
1	Perca	1		0,532178	0,507317	0,781516	0,822167	0,942732	0,870195	0,307194	0,280585	0,621144	0,475797	0,482428	0,865748	0,971945	0,744697	0,706789	0,302006	0,498015	0,880029	0,935713	0,820383	0,921967	0,437990	0,092402
2	Perca	2	0,532178		0,969377	0,473206	0,978960	0,844811	0,594289	0,427280	0,178771	0,285408	0,545861	0,332538	0,994510	0,852066	0,553228	0,380326	0,423336	0,345024	0,608372	0,908331	0,967678	0,913548	0,754015	0,156012
3	Perca	3	0,507317	0,969377		0,463153	0,952751	0,896010	0,582976	0,192522	0,401115	0,278104	0,319241	0,543521	0,992375	0,749617	0,707314	0,371501	0,188803	0,553697	0,596935	0,838856	0,972011	0,900523	0,622603	0,386855
4	Lota	1	0,781516	0,473206	0,463153		0,115876	0,223426	0,909264	0,567094	0,528408	0,828141	0,792276	0,800533	0,655406	0,678121	0,900825	0,921219	0,559630	0,819789	0,899379	0,595611	0,498499	0,707489	0,221130	0,033611
5	Lota	2	0,822167	0,978960	0,952751	0,115876		0,720988	0,624223	0,442732	0,192874	0,305043	0,563492	0,354238	0,960365	0,872791	0,582190	0,403918	0,438705	0,367238	0,638614	0,929262	0,998170	0,947576	0,734079	0,144024
6	Lota	3	0,942732	0,844811	0,896010	0,223426	0,720988		0,736064	0,274592	0,478045	0,382414	0,432626	0,633327	0,839430	0,914785	0,806577	0,495136	0,269788	0,644250	0,751379	0,992960	0,923822	0,930522	0,481458	0,319598
7	control	1	0,870195	0,594289	0,582976	0,909264	0,624223	0,736064		0,077833	0,057718	0,740645	0,653970	0,661705	0,739579	0,818007	0,951838	0,831445	0,442505	0,679800	0,990042	0,729427	0,622603	0,793831	0,298459	0,051939
8	control	2	0,307194	0,427280	0,192522	0,567094	0,442732	0,274592	0,077833		0,891860	0,825727	0,848923	0,749028	0,195776	0,543204	0,485993	0,680351	0,994557	0,730279	0,437084	0,497058	0,212516	0,238338	0,269002	0,007356
9	control	3	0,280585	0,178771	0,401115	0,528408	0,192874	0,478045	0,057718	0,891860		0,780722	0,713321	0,815815	0,176579	0,296465	0,641825	0,638256	0,962403	0,803956	0,403637	0,246399	0,420990	0,216116	0,064807	0,089745
10	Anguilla-př.	1	0,621144	0,285408	0,278104	0,828141	0,305043	0,382414	0,740645	0,825727	0,780722		0,835220	0,815757	0,507382	0,443185	0,633439	0,905905	0,817116	0,900825	0,731245	0,377645	0,303969	0,553855	0,115860	0,013603
11	Anguilla-př.	2	0,475797	0,545861	0,319241	0,792276	0,563492	0,432626	0,653970	0,848923	0,713321	0,835220		0,980056	0,323882	0,676088	0,698083	0,918097	0,843583	0,971640	0,639433	0,624801	0,347557	0,383435	0,359582	0,017256
12	Anguilla-př.	3	0,482428	0,332538	0,543521	0,800533	0,354238	0,633327	0,661705	0,749028	0,815815	0,815757	0,980056		0,329133	0,504568	0,816237	0,926597	0,740653	0,987788	0,647096	0,433726	0,566988	0,389281	0,140530	0,142192
13	Anguilla-pr.p.	1	0,865748	0,994510	0,992375	0,655406	0,960365	0,839430	0,739579	0,195776	0,176579	0,507382	0,323882	0,329133		0,469838	0,161925	0,585753	0,192010	0,341537	0,749014	0,846331	0,962193	0,943308	0,615872	0,158008
14	Anguilla-pr.p.	2	0,971945	0,852066	0,749617	0,678121	0,872791	0,914785	0,818007	0,543204	0,296465	0,443185	0,676088	0,504568	0,469838		0,497660	0,565036	0,538701	0,520531	0,833782	0,943120	0,793159	0,846032	0,617331	0,085887
15	Anguilla-pr.p.	3	0,744697	0,553228	0,707314	0,900825	0,582190	0,806577	0,951838	0,485993	0,641825	0,633439	0,698083	0,816237	0,161925	0,497660		0,775538	0,479106	0,828141	0,935713	0,684564	0,733547	0,628011	0,271426	0,215675
16	Anguilla	1	0,706789	0,380326	0,371501	0,921219	0,403918	0,495136	0,831445	0,680351	0,638256	0,905905	0,918097	0,926597	0,585753	0,565036	0,775538		0,323521	0,875144	0,821726	0,489588	0,402633	0,635492	0,166767	0,022534
17	Anguilla	2	0,302006	0,423336	0,188803	0,559630	0,438705	0,269788	0,442505	0,994557	0,962403	0,817116	0,843583	0,740653	0,192010	0,538701	0,479106	0,323521		0,406227	0,430600	0,492760	0,208515	0,233990	0,266083	0,007125
18	Anguilla	3	0,498015	0,345024	0,553697	0,819789	0,367238	0,644250	0,679800	0,730279	0,803956	0,900825	0,971640	0,987788	0,341537	0,520531	0,828141	0,875144	0,406227		0,665031	0,448415	0,577377	0,403061	0,147269	0,146338
19	Essox	1	0,880029	0,608372	0,596935	0,899379	0,638614	0,751379	0,990042	0,437084	0,403637	0,731245	0,639433	0,647096	0,749014	0,833782	0,935713	0,821726	0,430600	0,665031		0,447152	0,270849	0,803466	0,307920	0,054383
20	Essox	2	0,935713	0,908331	0,838856	0,595611	0,929262	0,992960	0,729427	0,497058	0,246399	0,377645	0,624801	0,433726	0,846331	0,943120	0,684564	0,489588	0,492760	0,448415	0,447152		0,732429	0,937537	0,668366	0,108862
21	Essox	3	0,820383	0,967678	0,972011	0,498499	0,998170	0,923822	0,622603	0,212516	0,420990	0,303969	0,347557	0,566988	0,962193	0,793159	0,733547	0,402633	0,208515	0,577377	0,270849	0,732429		0,945750	0,582976	0,367994
22	Silurus	1	0,921967	0,913548	0,900523	0,707489	0,947576	0,930522	0,793831	0,238338	0,216116	0,553855	0,383435	0,389281	0,943308	0,846032	0,628011	0,635492	0,233990	0,403061	0,803466	0,937537	0,945750		0,150283	0,000418
23	Silurus	2	0,437990	0,754015	0,622603	0,221130	0,734079	0,481458	0,298459	0,269002	0,064807	0,115860	0,359582	0,140530	0,615872	0,617331	0,271426	0,166767	0,266083	0,147269	0,307920	0,668366	0,582976	0,150283		0,033530
24	Silurus	3	0,092402	0,156012	0,386855	0,033611	0,144024	0,319598	0,051939	0,007356	0,089745	0,013603	0,017256	0,142192	0,158008	0,085887	0,215675	0,022534	0,007125	0,146338	0,054383	0,108862	0,367994	0,000418	0,033530	

Příloha 63: Výsledky ANOVY porovnání agresivity raků vůči rybím predátorům

Effect	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	3141,689	1	3141,689	9,299625	0,022526
SPECIE	814,939	1	814,939	2,412278	0,171378
Error	2026,978	6	337,830		
DAY/NIGH	154,939	1	154,939	1,462505	0,272017
DAY/NIGH*SPECIE	429,356	1	429,356	4,052790	0,090757
Error	635,644	6	105,941		
ORDINAL	204,011	2	102,006	2,319089	0,140751
ORDINAL*SPECIE	34,011	2	17,006	0,386620	0,687513
Error	527,822	12	43,985		
DAY/NIGH*ORDINAL	72,211	2	36,106	1,140309	0,352051
DAY/NIGH*ORDINAL*SPECIE	17,544	2	8,772	0,277050	0,762736
Error	379,956	12	31,663		

Příloha 64: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání agresivity raků vůči rybím predátorům během dne a noci

Cell No.	SPECIE	DAY/NIGH	{1}	{2}	{3}	{4}
1	Astacus	1		0,087677	0,773511	0,463417
2	Astacus	2	0,087677		0,082041	0,106849
3	Orconectes	1	0,773511	0,082041		0,535968
4	Orconectes	2	0,463417	0,106849	0,535968	

9.3.3 Příloha ke kapitole 4.3

Příloha 65: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání celkové aktivity raků v polykultuře vůči kontrole

Cell No.	SPECIE	TREATMENT	{1}	{2}	{3}	{4}
1	Astacus	competition		0,942158	0,000211	0,000371
2	Astacus	control	0,942158		0,000024	0,000019
3	Orconectes	competition	0,000211	0,000024		0,418000
4	Orconectes	control	0,000371	0,000019	0,418000	

Příloha 66: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání denní a noční aktivity raků říčních v polykultuře a v kontrole

Cell No.	TREATMENT	DAY/NIGH	{1}	{2}	{3}	{4}
1	competition	1		0,429808	0,659062	0,356842
2	competition	2	0,429808		0,292673	0,734095
3	control	1	0,659062	0,292673		0,001846
4	control	2	0,356842	0,734095	0,001846	

Příloha 67: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání denní a noční aktivity raků pruhovaných v polykultuře a v kontrole

Cell No.	TREATMENT	DAY/NIGH	{1}	{2}	{3}	{4}
1	competition	1		0,166160	0,584551	0,975257
2	competition	2	0,166160		0,139682	0,357359
3	control	1	0,584551	0,139682		0,233662
4	control	2	0,975257	0,357359	0,233662	

Příloha 68: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání celkové aktivity raků říčních v polykultuře a v kontrole v jednotlivých opakováních

Cell No.	TREATMENT	ORDINAL	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
1	competition	1		0,701073	0,581266	0,819103	0,761411	0,929461
2	competition	2	0,701073		0,866289	0,939221	0,981417	0,721162
3	competition	3	0,581266	0,866289		0,966876	0,934120	0,752977
4	control	1	0,819103	0,939221	0,966876		0,935805	0,398250
5	control	2	0,761411	0,981417	0,934120	0,935805		0,444129
6	control	3	0,929461	0,721162	0,752977	0,398250	0,444129	

Příloha 69: Výsledky Fisherova LSD testu porovnání celkové aktivity raků pruhovaných v polykultuře a v kontrole v jednotlivých opakováních

Cell No.	TREATMENT	ORDINAL	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
1	competition	1		0,043367	0,014153	0,083291	0,088287	0,099181
2	competition	2	0,043367		0,634372	0,475266	0,973904	0,917298
3	competition	3	0,014153	0,634372		0,758719	0,650154	0,712010
4	control	1	0,083291	0,475266	0,758719		0,214067	0,181592
5	control	2	0,088287	0,973904	0,650154	0,214067		0,923211
6	control	3	0,099181	0,917298	0,712010	0,181592	0,923211	

9.3.4 Příloha ke kapitole 4.4

Příloha 70: Výsledky ANOVY porovnání rozdílů aktivity raka říčního dle pohlaví v rámci všech variant experimentu

Effect	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	41398,59	1	41398,59	32,96057	0,000000
{1}TREATMENT	9537,36	4	2384,34	1,89835	0,121968
{2}SEX	2172,92	1	2172,92	1,73003	0,193251
TREATMENT*SEX	1236,22	4	309,05	0,24606	0,910988
Error	77872,21	62	1256,00		
{3}DAY/NIGH	4258,92	1	4258,92	20,75176	0,000025
DAY/NIGH*TREATMENT	2072,87	4	518,22	2,52503	0,049646
DAY/NIGH*SEX	193,06	1	193,06	0,94070	0,335866
DAY/NIGH*TREATMENT*SEX	124,13	4	31,03	0,15121	0,961776
Error	12724,38	62	205,23		
{4}ORDINAL	352,60	2	176,30	0,67117	0,512959
ORDINAL*TREATMENT	1620,61	8	202,58	0,77120	0,628736
ORDINAL*SEX	610,03	2	305,01	1,16118	0,316498
ORDINAL*TREATMENT*SEX	4392,02	8	549,00	2,09004	0,041556
Error	32571,77	124	262,68		
DAY/NIGH*ORDINAL	338,79	2	169,40	1,62687	0,200711
DAY/NIGH*ORDINAL*TREATMENT	1094,54	8	136,82	1,31398	0,242571
DAY/NIGH*ORDINAL*SEX	80,78	2	40,39	0,38790	0,679300
3*4*1*2	894,92	8	111,87	1,07434	0,385429
Error	12911,41	124	104,12		

Příloha 71: Výsledky ANOVY porovnání rozdílů aktivity raka pruhovaného dle pohlaví v rámci všech variant experimentu

Effect	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	1570182	1	1570182	287,9183	0,000000
{1}TREATMENT	38624	8	4828	0,8853	0,531166
{2}SEX	647841	1	647841	118,7921	0,000000
TREATMENT*SEX	57690	8	7211	1,3223	0,239056
Error	643521	118	5454		
{3}DAY/NIGH	1938	1	1938	6,3124	0,013340
DAY/NIGH*TREATMENT	3095	8	387	1,2600	0,271051
DAY/NIGH*SEX	77	1	77	0,2515	0,616934
DAY/NIGH*TREATMENT*SEX	3898	8	487	1,5872	0,135781
Error	36228	118	307		
{4}ORDINAL	2736	2	1368	3,4617	0,032979
ORDINAL*TREATMENT	13521	16	845	2,1386	0,007656
ORDINAL*SEX	1721	2	861	2,1778	0,115558
ORDINAL*TREATMENT*SEX	7227	16	452	1,1431	0,316277
Error	93259	236	395		
DAY/NIGH*ORDINAL	346	2	173	0,9352	0,393968
DAY/NIGH*ORDINAL*TREATMENT	2205	16	138	0,7451	0,745908
DAY/NIGH*ORDINAL*SEX	219	2	110	0,5930	0,553512
3*4*1*2	3607	16	225	1,2190	0,253946
Error	43648	236	185		

Příloha 72: Výsledky LSD testu porovnání rozdílů aktivity raka říčního dle pohlaví v jednotlivých variantách experimentu

Cell No.	TREATMENT	SEX	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
1	control	female		0,170856	0,727539	0,625038	0,420151	0,482609	0,272510	0,699655	0,571036	0,481179
2	control	male	0,170856		0,087619	0,374593	0,031761	0,040551	0,015364	0,081123	0,576332	0,674052
3	Anguilla	female	0,727539	0,087619		0,403494	0,646002	0,722765	0,451823	0,970129	0,395670	0,323875
4	Anguilla	male	0,625038	0,374593	0,403494		0,197485	0,235656	0,115058	0,382929	0,866726	0,759388
5	Essox	female	0,420151	0,031761	0,646002	0,197485		0,916561	0,768535	0,673050	0,222531	0,175220
6	Essox	male	0,482609	0,040551	0,722765	0,235656	0,916561		0,689961	0,750963	0,256076	0,203425
7	Silurus	female	0,272510	0,015364	0,451823	0,115058	0,768535	0,689961		0,474499	0,145667	0,111898
8	Silurus	male	0,699655	0,081123	0,970129	0,382929	0,673050	0,750963	0,474499		0,379034	0,309281
9	competition	female	0,571036	0,576332	0,395670	0,866726	0,222531	0,256076	0,145667	0,379034		0,904489
10	competition	male	0,481179	0,674052	0,323875	0,759388	0,175220	0,203425	0,111898	0,309281	0,904489	

Příloha 73: Výsledky LSD testu porovnání rozdílů aktivity raka pruhovaného dle pohlaví v jednotlivých variantách experimentu

Cell No.	TREATMENT	SEX	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}
1	Perca	female		0,000013	0,889282	0,000087	0,269726	0,000052	0,736521	0,000645	0,954024	0,000056	0,447895	0,000174	0,975704	0,000030	0,331309	0,000010	0,395695	0,379282
2	Perca	male	0,000013		0,000022	0,622450	0,000000	0,721086	0,000003	0,293946	0,000016	0,706003	0,000000	0,496573	0,000011	0,830150	0,000493	0,947160	0,004857	0,005306
3	Lota	female	0,889282	0,000022		0,000145	0,214349	0,000088	0,634406	0,001030	0,934995	0,000095	0,369431	0,000287	0,865275	0,000051	0,404853	0,000017	0,461659	0,443653
4	Lota	male	0,000087	0,622450	0,000145		0,000001	0,892197	0,000024	0,576189	0,000108	0,908218	0,000004	0,850946	0,000077	0,780968	0,002492	0,576477	0,015039	0,016283
5	control	female	0,269726	0,000000	0,214349	0,000001		0,000001	0,441866	0,000010	0,245691	0,000001	0,728884	0,000002	0,283061	0,000000	0,039281	0,000000	0,081364	0,076350
6	control	male	0,000052	0,721086	0,000088	0,892197	0,000001		0,000014	0,487588	0,000064	0,983852	0,000002	0,746404	0,000046	0,886632	0,001622	0,672136	0,011154	0,012108
7	Anguilla-př.	female	0,736521	0,000003	0,634406	0,000024	0,441866	0,000014		0,000197	0,693529	0,000015	0,672183	0,000049	0,759583	0,000008	0,191812	0,000002	0,261687	0,249241
8	Anguilla-př.	male	0,000645	0,293946	0,001030	0,576189	0,000010	0,487588	0,000197		0,000784	0,500330	0,000040	0,710416	0,000581	0,403047	0,012720	0,264728	0,046725	0,050055
9	Anguilla-pr.p.	female	0,954024	0,000016	0,934995	0,000108	0,245691	0,000064	0,693529	0,000784		0,000070	0,414296	0,000214	0,929790	0,000037	0,360637	0,000012	0,422285	0,405204
10	Anguilla-pr.p	male	0,000056	0,706003	0,000095	0,908218	0,000001	0,983852	0,000015	0,500330	0,000070		0,000003	0,761770	0,000050	0,870673	0,001731	0,657452	0,011670	0,012663
11	Anguilla	female	0,447895	0,000000	0,369431	0,000004	0,728884	0,000002	0,672183	0,000040	0,414296	0,000003		0,000009	0,466258	0,000001	0,085002	0,000000	0,143096	0,135183
12	Anguilla	male	0,000174	0,496573	0,000287	0,850946	0,000002	0,746404	0,000049	0,710416	0,000214	0,761770	0,000009		0,000156	0,641348	0,004421	0,455697	0,022411	0,024179
13	Essox	female	0,975704	0,000011	0,865275	0,000077	0,283061	0,000046	0,759583	0,000581	0,929790	0,000050	0,466258	0,000156		0,000026	0,316465	0,000008	0,382073	0,366016
14	Essox	male	0,000030	0,830150	0,000051	0,780968	0,000000	0,886632	0,000008	0,403047	0,000037	0,870673	0,000001	0,641348	0,000026		0,001019	0,778896	0,008065	0,008777
15	Silurus	female	0,331309	0,000493	0,404853	0,002492	0,039281	0,001622	0,191812	0,012720	0,360637	0,001731	0,085002	0,004421	0,316465	0,001019		0,000391	0,955475	0,931578
16	Silurus	male	0,000010	0,947160	0,000017	0,576477	0,000000	0,672136	0,000002	0,264728	0,000012	0,657452	0,000000	0,455697	0,000008	0,778896	0,000391		0,004134	0,004522
17	competition	female	0,395695	0,004857	0,461659	0,015039	0,081364	0,011154	0,261687	0,046725	0,422285	0,011670	0,143096	0,022411	0,382073	0,008065	0,955475	0,004134		0,979253
18	competition	male	0,379282	0,005306	0,443653	0,016283	0,076350	0,012108	0,249241	0,050055	0,405204	0,012663	0,135183	0,024179	0,366016	0,008777	0,931578	0,004522	0,979253	

9.3.5 Příloha ke kapitole 4.5

Příloha 74: Výsledky LSD testu porovnání agresivity mezi druhy a mezi druhy a polykulturou

Cell No.	SPECIE	{1}	{2}	{3}
1	competition		0,574746	0,249790
2	Astacus	0,574746		0,315230
3	Orconectes	0,249790	0,315230	

Příloha 75: Výsledky LSD testu porovnání agresivity raků během dne a noci

Cell No.	SPECIE	DAY/NIGH	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
1	competition	1		0,989582	0,225167	0,807258	0,286849	0,322696
2	competition	2	0,989582		0,229445	0,798073	0,292270	0,328598
3	Astacus	1	0,225167	0,229445		0,007489	0,698148	0,599524
4	Astacus	2	0,807258	0,798073	0,007489		0,031156	0,041101
5	Orconectes	1	0,286849	0,292270	0,698148	0,031156		0,814133
6	Orconectes	2	0,322696	0,328598	0,599524	0,041101	0,814133	

Příloha 76: Výsledky LSD testu porovnání agresivity raků v jednotlivých opakováních

Cell No.	SPECIE	ORDINAL	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
1	competition	1		0,983127	0,899047	0,979037	0,739645	0,234411	0,500138	0,281791	0,169728
2	competition	2	0,983127		0,915798	0,993011	0,752850	0,240975	0,511729	0,289734	0,175098
3	competition	3	0,899047	0,915798		0,937173	0,819983	0,275907	0,571894	0,331899	0,204035
4	Astacus	1	0,979037	0,993011	0,937173		0,462277	0,008821	0,267863	0,077298	0,025783
5	Astacus	2	0,739645	0,752850	0,819983	0,462277		0,043778	0,571969	0,208122	0,079079
6	Astacus	3	0,234411	0,240975	0,275907	0,008821	0,043778		0,305761	0,749443	0,819868
7	Orconectes	1	0,500138	0,511729	0,571894	0,267863	0,571969	0,305761		0,188091	0,026246
8	Orconectes	2	0,281791	0,289734	0,331899	0,077298	0,208122	0,749443	0,188091		0,311998
9	Orconectes	3	0,169728	0,175098	0,204035	0,025783	0,079079	0,819868	0,026246	0,311998	

9.4 Fotodokumentace

Příloha 77: Příklad značkování raků



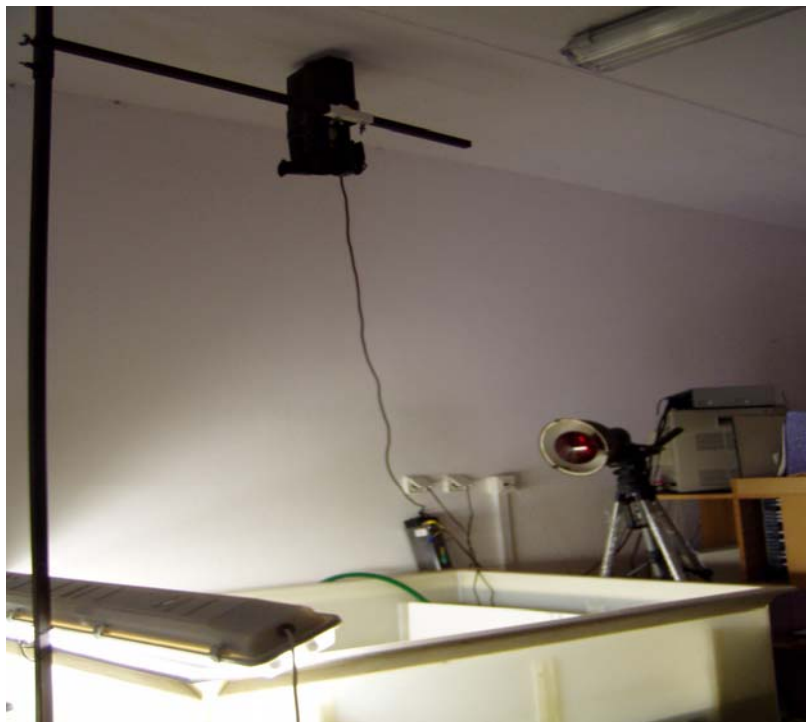
Příloha 78: Uspořádání experimentální nádrže (vpravo zóna úkrytu)



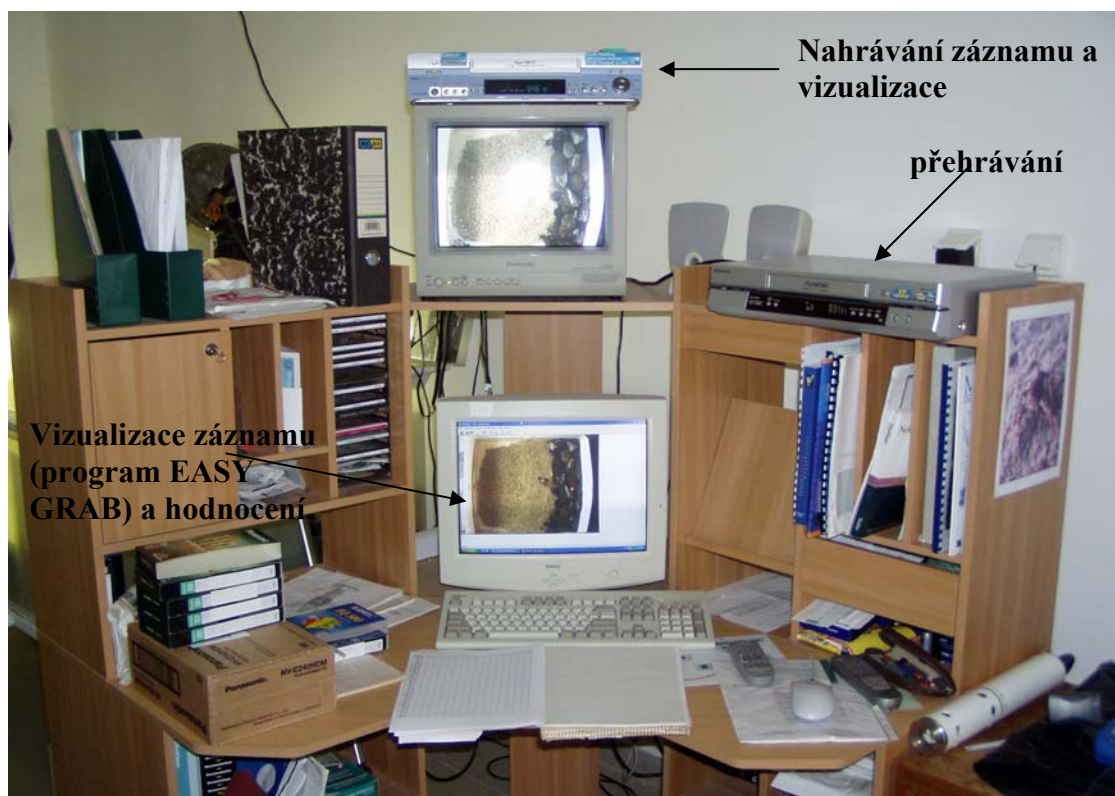
Příloha 79: Řízení denního a nočního režimu (zářivka - denní režim; červené světlo - noční režim)



Příloha 80: Uspořádání videotechniky (monitorování prostoru nádrže)



Příloha 81: Uspořádání videotechniky



Příloha 82: Příklady vizualizace experimentů programem EASY GRAB

Astacus vs. štika – den



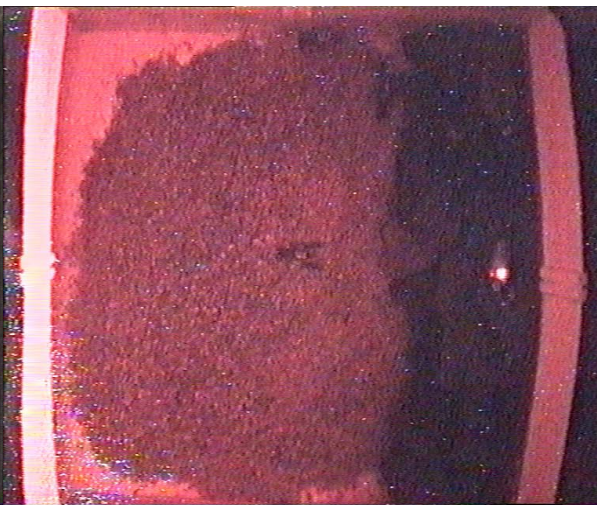
Orconectes vs. štika – noc



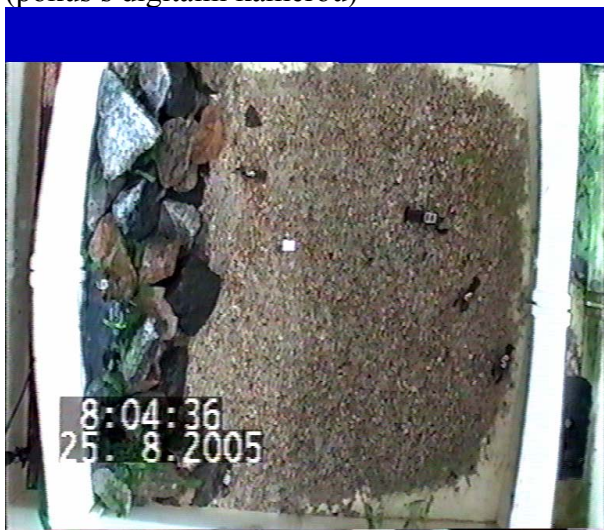
Astacus vs. Orconectes – den



Astacus vs. Orconectes - noc



Astacus vs. Orconectes – den
(pokus s digitální kamerou)



Astacus vs. Orconectes - noc
(pokus s digitální kamerou)

