

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: Zemědělská specializace (B4106)

Studijní obor: Biologie a ochrana zájmových organismů

Katedra: Katedra biologických disciplín

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Aktivita potápníkovitých brouků v čase a prostoru**

Vedoucí diplomové práce: Ing. MgA. David Boukal, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Mgr. Michal Berec, Ph.D.

Autor: Bc. Lenka Šebková

České Budějovice, duben 2012

## Abstrakt

Potápníci (Dytiscidae) patří mezi jednu z největších čeledí vodních brouků. Jak dospělí jedinci, tak larvy jsou predátoři, schopni zaútočit na širokou škálu malých vodních organismů. Tato práce spočívala v literární rešerši faktorů, které mohou ovlivňovat aktivitu potápníků a dalších dravých vodních bezobratlých v čase a prostoru, a zjištění aktivity jednotlivých druhů potápníků během dne a noci v různých částech litorálních porostů v rámci sezóny. Terénní výzkum probíhal na dvou rybnících u vesnice Třebín, na jaře a na podzim roku 2011. Výsledky ukázaly převažující noční aktivitu a vliv vegetace na abundanci potápníků.

Klíčová slova: potápníci, aktivita, rybník, vegetace

Diving beetles (Dytiscidae) are among the most speciose families of aquatic beetles. Both adult individuals and larvae are predatory and able to attack a wide range of small aquatic invertebrates. This work consisted of a literature review of factors influencing the activity of diving beetles and other predatory macroinvertebrates in time and space and a field survey of daily activity patterns of diving beetles during the day in various parts of vegetated littoral habitats during the season. The survey took place at two ponds near the village of Třebín in spring and autumn 2011. The results showed a predominately nocturnal activity of diving beetles and the influence of vegetation on the abundance of diving beetles.

Keyword: diving beetles, activity, pond, vegetation

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použité literatury.

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

Českých Budějovicích dne 27. 4. 2012

podpis:

Mé poděkování patří hlavně mému školiteli Ing. MgA. Davidu Boukalovi, Ph.D., za vedení této práce a pomoc při terénním výzkumu a Petře Ebermannové, Vojtěchu Kolářovi a Mgr. Pavlovi Srokovi, Ph.D. za pomoc v terénu. Dále bych chtěla poděkovat rodině za trpělivost a pomoc v průběhu studia.

## OBSAH

1. Úvod	7
2. Literární přehled	8
2. 1. Obecné informace o čeledi potápníkovitých (Dytiscidae)	8
2. 2. Aktivita v prostoru	9
2.2.1. Letová aktivita	9
2.2.2. Aktivita ve vodě	11
2.2.2.1. Vliv biotických faktorů	11
2.2.2.2. Vliv abiotických faktorů	14
2.3. Aktivita v čase	17
2.3.1. Fyziologické rytmy	17
2.3.2. Cirkadiánní rytmy v hmyzí populaci	18
2.3.3. Mezidruhová synchronizace	19
2.3.4. Světelné a nsvětelné sladění organismů cirkadiánního rytmu vnějším rytmem jeho prostředí	19
2.3.5. Cirkadiánní hodiny	20
2.3.6. Fotoperiodismus a cirkadiánní hodiny	21
2.4. Metody odběrů vodních brouků	22
2.4.1. Účinnost pastí na sběr Dytiscidae	24
3. Metodika	26
4. Výsledky	33
5. Diskuse	55
6. Závěr	59
7. Seznam použité literatury	60
8. Přílohy	72

# 1. ÚVOD

Rybníky jsou člověkem vytvořené ekosystémy, které mají mimořádný význam pro mnohé organismy. Díky bohatým litorálním porostům a navazujícím mokřadním stanovištím mohou poskytovat pro obratlovce i bezobratlé velký výběr vhodných habitatů. Útočiště zde nacházejí mnozí ptáci, kteří využívají rybníky například ke hnízdění a získávání potravy, dále měkkýši, obojživelníci, ryby a vodní hmyz. Na prostředí kolem rybníků mohou být vázány i určité skupiny savců a plazů. Také potápníci, jak dospělí jedinci, tak larvy, jsou způsobem života úzce vázáni na vodní prostředí, kde tvoří nedílnou součást společenství a díky své dravosti jsou i důležitým prvkem potravního řetězce. Poznatky o využívání mikrohabitatů potápníky v různých typech prostředí jsou roztrženy v literatuře. O jejich aktivitě v čase není mnoho informací a není jasné, zda jejich aktivita souvisí s rizikem predace či nikoliv. V rámci diplomové práce jsem sestavila rešerši, týkající se mechanismů a působení vlivů na aktivitu hmyzu s důrazem na potápníky. Abych zjistila, jak jsou tyto vodní brouci aktivní v čase a prostoru, provedla jsem terénní experiment na dvou rybnících. Tato práce by měla poskytnout informace o aktivitě potápníků a pomoci tak rozšířit metodické přístupy k dalšímu sledování těchto dravých brouků.

## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1. Obecné informace o čeledi potápníkovitých (Dytiscidae)

Potápníci (čeleď Dytiscidae) představují nejrozmanitější skupinu vodních brouků v rámci podřádu Adephaga. Imága středoevropských druhů dosahují velikosti od 1,7 do 44 mm. Dospělci jsou zejména tvarem těla a u odvozenějších skupin též zploštělýma plovacíma zadníma nohama uzpůsobeni k trvalému životu ve vodním prostředí. Tělo je oválné nebo vejčité, hydrodynamického tvaru, zpravidla výrazně dorzoventrálně zploštělé. Imága většiny druhů mají dobře vyvinutý druhý pár křídel a díky schopnosti letu jsou značně mobilní. Dospělci dýchají výhradně vzdušný kyslík, který uchovávají v prostoru mezi krovkami a zadečkem. Vzdušný kyslík dýchají rovněž větší larvy. Malé larvy přijímají rozpuštěný kyslík z vody celým povrchem těla (Boukal et al., 2007).

Imága i larvy středoevropských druhů se vyskytují výhradně v různých typech stojatých a tekoucích vod. Životní cyklus našich druhů je převážně univoltinní, případně semivoltinní. Dospělci jsou víceletí a přezimují zpravidla v substrátu mimo vodu. Vajíčka jsou kladena na povrch vodních rostlin, zasouvána do rostlinných pletiv, nebo kladena do vlhkého substrátu břehu. Larvální stádium má tři instary. Poslední instar opouští vodu a kuklí se ve vlhké zemi na břehu. Larvy i dospělci potápníků jsou draví a živí se kořistí odpovídající jejich velikosti od drobných korýšů a larev jiného hmyzu až po malé obratlovce, jako jsou pulci žab či rybí plůdek. Dospělí potápníci jsou též příležitostnými mrchožrouty. Z ČR je v současnosti známo 132 druhů potápníků (Boukal et al., 2007).

## **2.2. Aktivita v prostoru**

Dospělí potápníci i jejich larvy jsou aktivními lovci a důležitými predátory vodních bezobratlých i malých obratlovců (např. rybího potěru a pulců). Potápníci se vyskytují v mnoha typech vod, i když řada druhů je omezena určitými habitaty (Larson, 1985, Ranta, 1985, Nilsson & Holmen, 1995). Rozšíření jedinců v prostoru může ovlivňovat populační dynamiku daného druhu, rozložení ostatních druhů a jejich shromažďování ve společenství, ale jen málo studií se pokoušelo určit faktory, které ovlivňují disperzi vodního hmyzu v přírodních populacích. V důsledku toho je známo jen málo informací o faktorech, které ovlivňují chování a disperzi jedinců v populaci a změnu jejich chování v důsledku takových faktorů.

### **2.2.1. Letová aktivita**

Disperze pomocí letu je jeden z hlavních evolučních jevů vyskytující se u hmyzu (Wagner & Liebherr, 1992). Většina dospělého vodního hmyzu je schopna disperze do jiného prostředí. Tato forma chování je adaptace pro přežití, zejména vztahem k reprodukci a přijímání potravy (Johnson, 1969). Podle Biltona et al. (2001) jsou výhody disperze vyhýbání se inbreedingu, využití míst s nízkou hustotou a malou konkurencí využívání zdrojů, schopnost změnit prostředí z důvodů nepříznivých podmínek (nedostatek zdrojů potravy, přítomnost patogenů nebo parazitů). Nevýhodou může být nenalezení vhodného stanoviště, predace během letu, neschopnost najít partnera a outbreední deprese. Jackson (1956, 1973) klasifikoval vodní brouky do tří skupin dle jejich letových schopností: nelétavé druhy; dobří letci s dobře vyvinutými létacími svaly a ochotou létat a proměnlivé druhy s různým vývojem jejich letových svalů a variabilitou hrudního exoskeletonu.

Potápníci jsou všeobecně dobrými letci a mohou letět do vzdáleností několika kilometrů, což jim umožňuje využívat rozdělené zdroje, jak v prostoru, tak čase (Bilton, 1994). Nicméně někteří potápníci postrádají schopnost létat kvůli redukci nebo absenci letek či létacího svalu (Jackson, 1952, 1956a, 1956b). Vývoj nelétavosti je silně spojen se stabilitou prostředí (Southwood, 1962, Wagner & Liebherr, 1992). Migrace je významnější u druhů z habitatů dočasných než trvalých (permanentních). Hamilton & May (1977) ale uvedli, že migrace je důležitá dokonce i v permanentních habitatech.



Permanentní habitaty mají více druhů potápníků postrádajících schopnost létat, zato v dočasných habitatech se vyskytuje mnoho druhů s dobrou schopností létat (Jackson, 1952, 1956, Southwood, 1962).

Kolonizace vod létajícími potápníky je omezena v mírném podnebí na jaro, léto a brzký podzim (Williams, 1987), často ve dvou vrcholech, nejvyšší na jaře a nejnižší na podzim. Denní lety jsou iniciovány teplem a vrchol nastává kolem stmívání (Nillson, 1997). U většiny potápníků dochází k disperzi nejčastěji kvůli migraci, skoro nikdy bezvýznamně (Southwood, 1962, Dingle, 1996) a hlavně kvůli kolonizaci nových habitatů.

Letová aktivita silně souvisí s teplotou díky tomu, že brouci jsou studenokrevní a ke vzletu vyžadují určitou alespoň minimální teplotu. Letová periodicitu potápníků v rýžových polích byla zjišťována u druhů *Eretes sticticus* (L.), *Hygrotus medialis* (Le Conte), *Laccophilus mexicanus atristernalis* (Crotch), *Liodessus affinis* (Say) a *Thermonectes basillaris* (Harris). Monitorování probíhalo pomocí rotačního stroje a světelných UV pastí. Zjistilo se, že letová aktivita byla ovlivněna teplotou vzduchu, světelnou intenzitou a rychlostí větru. Brouci byli nejaktivnější při bezvětří a teplotě 23–24°C. Omezení nastalo při teplotě pod 16 °C a nad 32 °C a při rychlosti větru nad 8 km/hod. Na periodu vrcholu letu může mít vliv relativní velikost a zeměpisný rozsah každého druhu. Zjistilo se, že větší druhy mají tendenci létat pozdě večer (Zalom et al., 1980).

Studie na Pyrenejském poloostrově poskytla data o letové disperzi u 21 druhů pomocí Moerických pastí (odchyt pomocí barevných mistichek s atraktanty) během roku 1992 a 1993 (Miguel & Valladares, 2008). Autoři zjistili, že letová aktivita souvisí kromě teploty i se srážkami. Výsledky ukázaly, že při nejvyšší průměrné teplotě, bez srážek, přeletovalo nejvíce jedinců. V rámci fenologie byly rozeznatelné dva typy disperze: uprostřed léta uniká hmyz kvůli vyschnutí lokality a na podzim kolonizuje nové habitaty. Pro první strategii je typický potápník *Hydroglyphus geminus* (F.), druhá strategie se vyskytuje u dospělců univoltinních druhů, kteří přezimují, jako jsou vodan *Helophorus alternans* (Gené) nebo potápníci z rodu *Hydroporus* (Clairville & Schellenberg, 1806).

## **2.2.2. Aktivita ve vodě**

### **2.2.2.1. Vliv biotických faktorů**

#### **Vliv predace**

Potápníci jsou běžní, hojně se vyskytující predátoři v izolovaných vodních prostředí (Batzer & Wissinger, 1996, Larson et al., 2000) a nabízejí řadu druhů k testování chování a strukturální složitosti na predaci a IGP (intraguild predace, tj. zabíjení a požívání potenciálních potravních konkurentů) a kanibalismu. Dospělci i larvy se vyskytují v dočasných i trvalých vodách (Larson et al., 2000), takže se projevují prostorové a časové obměny v hustotě rostlin, které mohou mít u některých druhů vliv na predaci (Formanowicz & Bobka, 1989).

Často se udává, že strukturální složitost může snížit setkání mezi predátory nebo může poskytnout úkryt pro intraguildní kořist (Heck & Crowder, 1991, Persson & Eklov, 1995, Warfe & Barmuta, 2004, Janssen et al., 2007). Protože predátoři a kořist se mohou v různých prostředích chovat různě, je obtížné vytvářet závěry o vlivu strukturální složitosti na IGP interakce (Hampton, 2004).

Publikovaných důkazů pro IGP mezi potápníky je málo, nicméně vzhledem k vysokým hustotám jednotlivých druhů, prostorovému a časovému překrývání mezi druhy v rybnících a zřejmému požívání mezi druhy je IGP téměř jisté (Nilsson & Söderström, 1988, Larson et al., 2000, Kehl & Dettner, 2003, Vamosi & Vamosi, 2007). Janssen et al. (2007) ukázali, že nízká složitost prostředí (tj. prostředí bez rostlin nebo s malou strukturou zahrnující jednu rostlinu) vede ke zvýšení IGP oproti složitějšímu prostředí. Zda pouhá přítomnost rostlin zprostředkovává predaci nebo IGP interakce v těchto systémech, zatím nebylo testováno.

#### **Vztahy mezi predátorem a kořistí u vodního hmyzu**

Během evoluce se u predátorů vyvinuly komplexní mechanismy objevení kořisti a naopak kořist si vytvořila řadu mechanismů, jak uniknout predátorům. Predace a zamezení predace jsou otázkou života a smrti jak pro predátora, tak pro kořist, a proto je pro jedince zásadní používat každý možný smysl při setkání. Jak vizuální, tak nevizuální komunikace jsou proto důležitými komponenty v systému predátor-kořist.

S největší pravděpodobností je ke zjištění predátora používána kombinace smyslových podnětů (Peckarsky, 1982, Blake & Hart, 1993, Ode & Wissinger, 1993) s jedním dominantním stimulantem (Peckarsky, 1982).

### **Adaptace dravého vodního hmyzu**

Dravý vodní hmyz může být kategorizován podle způsobu hledání potravy. Někteří kořist vyhledávají aktivně, další na kořist číhají z úkrytu nebo zůstávají v klidu a čekají, až na ně kořist narazí, ale strategie predátorů není vždy pevně stanovena. Hladové nymfy šidělek (Coenagrionidae) mohou například opustit úkryt a vyhledávat potravu v noci (Corbet, 1980, Thompson, 1978). Někteří predátoři polykají kořist celou a jiní po kouskách (Merritt & Cummins, 1978), další jsou tzv. bodáči, kteří pronikají do kořisti injekčními toxiny a/nebo proteolytickými nebo paralyzujícími enzymy a odsávají ven buď část, nebo celý obsah těla kořisti.

### **Odhalení kořisti**

Mechanismy odhalení kořisti se liší prostředím, časovým úsekem dne a morfologií predátora. Vizualní signály nejsou příliš používány u bentických predátorů, protože u nedospělého vodního hmyzu jsou obvykle složené oči špatně vyvinuté. Dno obývající bezobratlí jsou negativně fototaktičtí (pohybují se směrem od světla) a stávají se aktivními na povrchu jen v noci. U dospělých bruslařek (Hemiptera, Gerridae), žijících na povrchu vody, jsou oči dobře vyvinuté a bruslařky útočí na kořist na základě vizualních stimulů (Jamieson & Scudder, 1979). Potápníci mají jedny z nejdokonalejších očí z bezobratlých. Nicméně v prostředí s nízkou viditelností je příliš nepoužívají, neboť mohou určit jen velké předměty a jejich schopnost zobrazování je nízká (Åbjörnsson et al., 1997).

Nejvíce vodních brouků zjišťuje kořist pomocí mechanických podnětů. Mechanoreceptory jsou poměrně jednoduché a predátoři mohou lovit v substrátu ve dne a na povrchu substrátu v noci bez riskování predace vizualními predátory (rybami). Podobně je tomu i u jiného dravého vodního hmyzu. Dravé pošvatky z čeledi Perlidae a Perlodidae aktivně vyhledávají kořist dotýkáním se substrátu pomocí tykadel (Peckarsky, 1979a, Kovalak, 1978). Určité druhy nymf vážek se zavrtávají do substrátu,

ukazují jen své hlavy a přední nohy a reagují na kořist dotýkající se receptorů na jejich kyčlích, tarsech a tykadlech (Corbet, 1980, Pritchard, 1965).

Mechanické objevení kořisti nevyžaduje přímý dotyk, protože dlouhý dosah mechanických vln může sloužit jako efektivní impuls. Znakoplavky rodu *Notonecta* odpočívají nohama vzhůru a špičkou břicha vyčnívají z vodního povrchu. Mechanoreceptory reagují na specifické vlnové frekvence takové, kterými predátoři mohou rozlišovat mezi kořistí a nekořistí s odlišným frekvenčním spektrem (Lang, 1980). Larvy koreter z rodu *Chaoborus* vibracemi zjišťují vlny se stejnou frekvencí a amplitudou jaké vytvářejí perloočky, jejich kořist (Giguère & Dill, 1979).

### **Chemické podněty**

Scrimgeour et al. (1994) zjistili, že nymfy jepice *Baetis tricaudatus* vykazují silnou behaviorální odpověď ke směsi pachů dravých ryb. Crowl & Covich (1994) naopak zjistili, že spojení chemických a hmatových podnětů samotných vyvolává poměrně slabou odpověď. U vodních bezobratlých je nejběžnější odpovědí na přítomnost predátora snižování aktivity (Williams & Moore, 1985, Andersson et al., 1986, Holomuzki & Short, 1988). Schopnost rozpoznat predátora takovými nevizuálními podněty znamená, že kořist má čas k úniku před samotným setkáním s predátorem (Main, 1987).

Chemické signály jsou stálejší než mechanické a dovolují druhově specifickou identifikaci predátorů (Dodson et al., 1994). Podle Appelberga et al. (1993) rak může s použitím chemických stimulů rozlišit predátora od nepredátora a hladového od nasyceného predátora. Alexander & Covich (1991) a Phillips (1978) také zjistili, že hlemýžď *Physella virgata* a mořský ježek *Strongylocentrotus purpuratus* byli schopni rozlišit neaktivní a aktivní hladové predátory.

Chemorecepce (jak ve vodě, tak na suchu) je velmi dobře vyvinuta také u mnoha dospělých potápníků (Hodgson, 1953). Studie na rozšíření ryb a bezobratlých ukazují, že potápníci se vyskytují řídce v jezerech s rybami, možná proto, že jsou jejich kořistí. Další možností je, že potápníci preferují jezera bez ryb nebo se vyhýbají prostředí, kde je hodně ryb (Eriksson, 1979, Stenson, 1979, Larson, 1990, Wagner, 1997). Je možné, že dospělí potápníci si mohou vybírat prostředí s využitím chemických signálů indikujících přítomnost ryb (tzv. kairomonů), jak je tomu předpokládáno u dalších

bezobratlých (Dodson et al., 1994). Bylo zjištěno, že aktivita potápníka *Acilius sulcatus* se snižovala při vystavení kairomonům vypuštěných hladovějícím okounem během dne, kdy byla špatná viditelnost vzhledem k přítomnosti umělé vegetace. Výsledky navíc ukazují, že *Acilius sulcatus* může rozlišovat mezi kairomony hladových a nasycených ryb. Za dobré viditelnosti se zdá, že brouci spoléhají na vizuální podněty, zatímco ve tmě nejspíš využívají ke zjištění přítomnosti predátorů chemické podněty (Peckarsky, 1982, Holomuzki & Short, 1988, Malmqvist, 1992).

#### **2.2.2.2. Vliv abiotických faktorů**

Biotické procesy však nejsou považovány za hlavní důsledek shromažďování potápníků na jednom místě (Larson, 1985, Friday, 1987). Důležité jsou také abiotické faktory jako chemismus vody, plocha vodního tělesa nebo homogenita prostředí (McDonald & Buchanan, 1981, Larson, 1985, Friday, 1987, Foster et al., 1990, Layton & Voshell, 1991, Bazzanti et al., 1996, Gee et al., 1997). Oblast místa výskytu zahrnuje jak výběr mikrohabitatu, tak prostorový rozsah pohybu jedince (Schmitz, 2005). Stanoviště umožňuje kategorizaci druhů na základě omezeného využití mikrohabitatu (úzká doména místa výskytu) a na druhy, co se pohybují volně mezi mikrohabitaty (široká doména místa výskytu, Pressier et al., 2007).

#### **Vliv strukturální složitosti**

Kromě přítomnosti predátorů má předpokládaný vliv na vzájemné působení druhů, populační hustotu a skladbu společenství celé škály bezobratlých dominujících druhů v systémech strukturální složitost, obvykle vymezená hustotou a konfigurací rostlin (Crowder et al., 1998, Langellotto & Denno, 2004, Warfe & Barmuta, 2004). V mnoha izolovaných sladkovodních nádržích jsou makrofyta považována za hlavní strukturální prvky, které mohou zvyšovat potravní zdroje, poskytnutí úkrytu kořisti a pro predátory možnost číhání na kořist (Heck & Crowder, 1991, Crowder et al., 1998). Přestože je struktura vytvářena rostlinami, ovlivňují tyto rostliny přítomnost potápníků a dalších dravých bezobratlých zejména nepřímo svou strukturou nezávislou na jejich možném využití v potravním řetězci, a proto jsem je zařadila do části zabývající se abiotickými faktory.

Prováděné studie například ukázaly, jak několik abiotických faktorů ovlivňuje rozptýlení potápníků dvou běžných druhů obývajících rybníky v provincii Alberta v Kanadě: *Graphoderus occidentalis* a *Rhantus sericans* (Yee et al., 2009). V rybnících v Albertě jsou makrofyta hojná (Lahring, 2003). Podél mělkých rybníků je hustota makrofyt vysoká, zatímco v hlubší vodě jsou nízká nebo chybějí; dospělí potápníci i larvy jsou rozptýleny ve všech hloubkách. Na základě informací se testovala hypotéza, zda prostorová složitost měřená přítomností nebo nepřítomností rostlin měla vliv na predaci mezi potápníky. Predace mezi potápníky by se přitom měla snížit přidáním rostlin (Janssen et al., 2007).

V rámci studie byl prováděn i laboratorní pokus k určení změny chování brouků v reakci na změnu hustoty rostlin, hustoty jedinců stejného druhu a hloubky vody. Experiment ukázal, že oba druhy projevují závislost na hustotě. Vyšší hustota brouků vede k vyšší pravděpodobnosti disperze. Ale zdá se, že i nízká hustota zvyšuje u brouků disperzní chování. V souladu s pokusy byla hustota *R. sericans* v rybnících významně spojena s hustotou rostlin a měnila se s hloubkou vody; hustota *G. occidentalis* se neměnila s žádnými faktory. V laboratoři se chování měnilo s hustotou rostlin jen u *R. sericans*, který plaval při nízké hustotě, ale při vysoké hustotě byl sedavý. Oba druhy reagovaly na hloubku a vysoká hustota jedinců vyvolávala u brouků nutkání strávit více času v hlubší vodě. Chování se také měnilo podle stupně heterogenity, což má pravděpodobně vliv na disperzi v přírodních populacích (Yee et al., 2009).

### **Vliv stáří, zastínění a stavu stanoviště**

Některé práce zjišťovaly diverzitu a seskupování potápníků podél ekologického gradientu v zemědělské krajině v jižní Skandinávii s mnoha rybníky a jezery. Předpokládalo se, že seskupování potápníků je ovlivněno především stálostí, zastíněním a věkem nádrže. Tyto faktory jsou považovány za důležité. Stálost prostředí ovlivňuje druhové složení, neboť méně druhů preferuje dočasná stanoviště před trvalými (Larson 1985, Eyre et al., 1992, Collinson et al., 1995, Wellborn et al., 1996). Stupně zastínění ovlivňují fyzikální a chemické podmínky v mokřadech, přičemž více druhů preferuje mokřady vystavené slunci (Palmer, 1981, Nilsson & Svensson, 1994, Gee et al., 1997). Exponované mokřady jsou také snadněji kolonizované přeletujícími jedinci (Nilsson & Svensson, 1995). Starší mokřady jsou navíc často strukturně složitější a mají více habitatů než mladé, což vede k větší druhové rozmanitosti (Ranta, 1985, Friday, 1987).

Nilsson & Söderberg (1996) studovali boreální jezera a nezjistili žádné vztahy mezi potápníky a chemismem vody. Pouze v extrémních podmínkách (například při velmi nízkém pH) byla vzájemná souvislost pozorována (Friday, 1987, Foster et al., 1990).

### **Vliv světla**

Světlo je považováno za významný vliv na prostorové rozmístění a predaci uvnitř sladkovodního společenství. Ve vztahu k intenzitě světla bylo zjištěno, že je hlavním faktorem vertikální migrace u zooplanktonu (Zaret & Suffern, 1976, Stich & Lampert, 1981, Ringelberg, 1991, Dini & Carpenter, 1992).

U juvenilních znakoplavek *Notonecta maculata* bylo například zjištěno, že hledání kořisti *Daphnia magna* je snižováno v tmavých podmínkách. Tyto rozdíly jsou dány přítomností/nepřítomností světla a nejsou regulovány endogenním cirkadiálním rytmem. Přímé pozorování predace odhaluje, že ve tmě je kořist *Daphnia magna* objevena v kratších vzdálenostech, a tím se snižuje tempo setkání, které nakonec vyústí v klesající počet zkonzumované kořisti. V rámci časového období se ukázalo význačné zvýšení během noční periody (Gergs et al., 2010). Fyziologickým mechanismům poskytujícím možná vysvětlení vlivu světla a z nich vyplývajících denních (cirkadiálních) rytmů se věnuje následující část rešerše.

## 2.3. Aktivita v čase

Hmyz se podobně jako další organismy vyvíjel v životním prostředí, kterému dominuje denní periodicita. Jako ektotermové jsou díky jejich malé velikosti zvláště citliví na okolní teploty prostředí a jejich povrch usnadňuje ztrátu vody. Navíc jejich oči nejsou přizpůsobeny k nočnímu vidění (Lazzari & Insausti, 2008).

### 2.3.1. Fyziologické rytmy

Fyziologické rytmy u hmyzu jsou velmi dobře prostudovány ve vztahu k produkci hormonů, zejména hormonu ovládající postembryonální vývoj. První důkaz rytmicity je získaný z cytologického pozorování denních cyklů. Při dalších analýzách se ukázalo, že vedle jejich endokrinní funkce, určité hormony jako prothoracikotropní hormon (PTTH), ekdysteroidy a juvenilní hormony (JHs), což jsou hlavní hormony zodpovědné za svlékání a metamorfózu, tvoří klíčovou součást cirkadiálního systému a mohou představovat ústřední systém časomíry (Steel & Vafopoulou, 2002). Právě cirkadiální rytmy ve smyslové citlivosti k pachu byly odhaleny jak na smyslových, tak behaviorálních stupních. U octomilky (Krishnan et al., 1999) byl popsán tento rytmus na periferním stupni, kde vyjadřuje celkovou změnu celého tykadla citlivosti k pachu. Rytmus se projevuje dokonce i u odříznutých tykadel a je nejspíše kontrolován autonomním oscilátorem tykadla (Tanoue et al., 2004). Rozdíl v citlivosti chemoreceptorů tykadel byl také zkoumán u švába *Leucophaea maderae* (Page & Koelling, 2003). Stejně jako u octomilky, tato odchylka poskytuje hmyzu větší citlivost snad ke všem pachům. To znamená, že zvíře je více či méně citlivé k chemickým signálům v určitých částech dne. Paradoxně v obou případech nastává maximální citlivost během období odpočinku a nikoliv při aktivitě zvířete, kdy využívá čichové informace (Krishnan et al., 1999, Page & Koelling, 2003).

Některý hmyz projevuje bimodální aktivitu, kdy vyhledává potravu na začátku noci a ukrývá se za rozbřesku. Přestože obě chování jsou řízeny pachy (například nestálé uvolňování pachu hostitelem a hromaděním feromonu), nezdá se, že by byl hmyz přizpůsoben k vnímání každého pachu jen v určitém okamžiku dne, jak se předpokládalo u octomilky a švába *Leucophaea*. Dokonce i když oba hostitelské pachy a



feromony jsou vždy přítomny v jejich přirozeném prostředí, měli by reagovat jen na pach, který je důležitý v daný moment (Lazzari et al., 2004).

### **Schéma aktivity**

Nejjednodušší pozorovatelný rytmus chování u hmyzu je systém spontánního aktivního pohybu (období aktivity a období odpočinku). Většina rytmů aktivity v individuálním ovládnutí má silné endogenní komponenty, nicméně mohou být do jisté míry proměnné, modulované přímými dopady životního prostředí. Vzor rytmu se liší podle druhu a závislosti jako u ostatních zvířat na specifické adaptace pro využití jednotlivých zdrojů. Proto rozložení unimodální a bimodální aktivity může být pozorováno jak u denního, tak nočního hmyzu. Je třeba poznamenat, že denní vzor spontánního pohybu představuje shrnutí všech různých činností, které zvířata vykonávají. Naopak ne každá aktivita chování je uskutečněna v momentě, kdy je hmyz v pohybu. Časové přidělení každého chování představuje adaptaci k využití určitého zdroje, podmínek životního prostředí nebo dokonce vyhnutí se škodlivým podmínkám nebo predátorům. Některý hematofágní hmyz například přijímá potravu v momentě, kdy je jeho vertebrátní hostitel méně aktivní. Pokud je hostitel denní, hmyz se soustřeďuje na sání v noci a naopak. Tím se minimalizuje riziko odhalení hostitelem (Lazzari, 1992, Barrozo et al., 2004).

### **2.3.2. Cirkadiánní rytmy v hmyzí populaci**

Některé rytmy nejsou patrné na individuální úrovni, ale jako rytmy v populaci. Patří k nim například líhnutí vajec nebo svlékání. Tyto stavy se nevyskytují u hmyzu každý den, ale jen jednou nebo několikrát za život. Načasování líhnutí a svlékání musí být velmi přesné, protože při obou procesech je zvíře ohroženo predátory a vystaveno vysychání, proto například ke svlékání musí docházet v momentě, kdy je relativní vlhkost poměrně vysoká, aby umožnila jednotlivcům dostat se ze staré pokožky co nejrychleji s minimem ztráty vody a předejít nebezpečí uvěznění ve starém exoskeletu, kdy následně dochází k umírání jedince. Krátkověké druhy jako jepice jsou nuceny přistoupit k dospělému životu synchronně s cílem najít sexuálně zralého partnera a rozmnožit se během několika hodin. Proto procesy v hmyzím životě jako např. kladení vajíček a svlékání vykazují cirkadiánní rytmicitu (Lazzari & Insausti, 2008).

### **2.3.3. Mezdruhová synchronizace**

Synchronizace aktivit mezi jednotlivci různých druhů je obvyklý jev, který umožňuje zvířatům soustředit se na hledání potravy v momentě, kdy je to aktuální. Predátoři usilují o kořist, když jsou venku z úkrytu. K jednomu z nejzajímavějších případů synchronizace dochází u hmyzu přenašející parazity. Pittendrigh (1974) poukazuje na funkční význam entrainability samovolného oscilátoru (přizpůsobení vnitřního rytmu organismů synchronizace s vnějším cyklem, jako je světlo a tma), v jejich částečném předvídání na základě pozorování a schopnosti načasování při podmínkách nepřítomnosti odpovídajícího smyslového vjemu. Může to být jasně doloženo příkladem migrace mikrofilárií do cirkulárního systému hostitelů, kterými jsou obratlovci. Vytlačování těchto parazitů periferní krevní cévou je načasováno tak, aby odpovídalo době, kdy přenašeč (komár) aktivně vyhledává hostitele. Samotní paraziti by neměli výkonnost k vnímání zúčastňování přenosů. Hostitel poskytne parazitu signál, že je posunut do stádia v konkrétním čase, podle hostitelova cirkadiánního rytmu, který se odvíjí od světelné fáze. Migrace by měla být spojena s vhodnou fází cirkadiánního oscilátoru parazita, který zaručuje účast pod hostitelovou kůží, kdy přenašeč aktivně saje krev (Pittendrigh, 1974). Čas se liší mezi oblastmi a druhy přenašečů, ale vždy odpovídá času, kdy je přenašeč zvyklý potravu přijímat (Pittendrigh, 1974, Hawking, 1975, Aschoff, 1989).

### **2.3.4. Světelné a nesvětelné sladění organismů cirkadiánního rytmu vnějším rytmem v jeho prostředí**

Denní cyklus (světlo/tma) je bezesporu hlavním synchronizátorem prostředí. Teplotní synchronizátor hraje v důležitosti druhé místo. V rámci přírodních souvislostí, každý druh může být více či méně vystaven světlu v prostředí, kde se vyskytuje a používá tak různé možné způsoby senzorů, k získání spolehlivější časové informace (Lazzari & Insausti, 2008).

Schopnost hmyzu osidlovat různá přírodní stanoviště přináší tyto bezobratlé živočichy do míst s nízkou nebo žádnou periodicitou, jako jsou hluboké jeskyně, kmeny stromů nebo i vyšší nadmořská výška, kde během dlouhé periody světelná intenzita zůstává konstantní. Jsou druhy pohybující se v místech od arytmičkého prostředí až po

ty, co mají dobře definovanou rytmickou aktivitu (Saunders et al., 2002), v závislosti na jejich kontaktu s periodickým vnějším světlem.

Některý hmyz, například krevsající *Triatoma infestans* z řádu Hemiptera, se vyznačuje tím, že tráví většinu času schovaná v tmavém prostředí a má velmi dobře vyvinutý tepelný senzor. Je tedy otázka, zda používá světelný nebo tepelný cyklus životního prostředí jako synchronizátor. Experimentální práce ukázala, že synchronizují jejich aktivitu vysokou/nízkou teplotou, jak u DD cyklu, tak u LL cyklu. Navíc, jediný přechodný cyklus je nutný k desynchronizaci jejich aktivity po 12 hodinách fázového posunu tepelného cyklu. Vzhledem k tomu, že světelný cyklus vyžaduje 3-4 cykly k resynchronizaci, mohli bychom se domnívat, že hlavní podnět sledovaný tímto hmyzem je teplota a nikoliv světlo. Nicméně pokud hmyz čelí souběžně přítomností obou cyklů v různých fázích, je dominantní světelnému působení. Hmyz může posunout aktivitu k vysokým nebo nízkým tepelným periodám, ale nikdy k fotofázi (Lazzari, C. R., 1992).

### **2.3.5. Cirkadiánní hodiny**

Všudypřítomnost cirkadiánních rytmů u hmyzu je vyjádřena v různých formách. Jedním z nich je schopnost některých orgánů k projevení rytmicity u hmyzu in vitro i při izolování od zbytku. Jsou to například reprodukční orgány u některých motýlů, u kterých při sestupu spermatozoa z vývodných cest dojde k denní periodicitě (Giebultowicz, 1999). Kromě toho smyslové orgány jako složené oči a tykadla ukazují přítomnost periferních oscilátorů, které jsou schopné udržet rytmus citlivosti (Tanoue et al., 2004, Pyza & Meinertzhagen, 1997). Stejně jako u savců jsou lokální oscilátory podřízeny kontrole centrálních řídicích hodin, které synchronizují jejich činnost. Spárované řídicí hodiny hmyzu jsou lokalizovány u každého optického laloku mozku. Odstranění obou optických laloků způsobuje arytmiu. Po následovné transplantaci optických laloků hmyzu s krátkou periodou do hmyzu s dlouhou periodou a naopak, se po jednom až dvou měsících ukázalo obnovení rytmicity, přičemž příjemce převzal dárcovu fázi a dárcovu periodu. Histologické vyšetření prokázalo, že transplantované optické laloky obnovily příslušná spojení s mozkiem. Tento pokus přinesl nesporné důkazy o přítomnosti cirkadiánních pacemakerů v optických lalocích (Saunders et al., 2002).

### 2.3.6. Fotoperiodismus a cirkadiánní hodiny

Jak bylo řečeno na začátku této kapitoly, hmyz je silně ovlivněn podmínkami vnějšího prostředí. Při jejich malé velikosti a ektotermických podmínkách jsou velmi omezeni, ale i přesto úspěšně zdolávají mnoho různých stanovišť v téměř všech regionech Země. Ve většině regionů je alespoň jedno období roku, které je příliš chladné, příliš teplé nebo suché pro hmyz nebo jejich potravu. K překonání tohoto období se u mnoho druhů hmyzu vyvíjí specifické strategie: buď migrují, vstupují do diapauzy nebo adaptují tělní stavbu. Všechny tyto tři procesy probíhají na sezónním principu. Hmyz proto potřebuje schopnost předvídat příchod nepříznivého období, aby se připravil k přežití ve změněných podmínkách. Hmyz proto reaguje na změnu odchylkami mezi délkou dne a noci, tedy změnu fotoperiody. Zima je charakteristická krátkými dny a dlouhými noci a změna nastává během jara, kdy díky pomalému prodlužování dne může hmyz předpovídat blížících se lepších podmínek.

Procesy ovládané fotoperiodou jsou odkázány na funkční prvky pro měření délky dne nebo noci, pro počítání krátkých nebo dlouhých dní nebo pro analýzu směru změny (zkracující nebo prodlužující se dny). Pro měření délky dne/noci byly navrženy dva typy mechanismů. Buď vyžadující cirkadiánní hodiny, nebo nikoliv. Jediný možný proces spojený s cirkadiánním systémem je měření délky dne (Lazzari & Insausti, 2008).

První mechanismus nezávislý na cirkadiánních hodinách by měl pracovat podobně jako přesýpací hodiny. Může být názorně ukázán jako hromadění metabolitu, který je syntetizován během noci a odbouráván ve dne. Během dlouhých nocí produkt dosáhne určité kritické hranice a den je považován za krátký. Mšice představují hlavní skupinu uplatňující tyto tzv. přesýpací hodiny pro měření fotoperiody (Lazzari & Insausti, 2008).

Druhý způsob měření délky dne/noci využívá zároveň cirkadiánní hodiny. Například v 7 hodin ráno panuje v létě denní světlo, nicméně pokud se blíží zima, světlo v této době slábne. Nevyžaduje se tudíž měření po celou dobu, ale sleduje se jen shoda mezi vnějšími podmínkami a vnitřními hodinami. Mechanismus založený na tomto principu byl první navržen Erwinem Bünningem a je znám jako vnější náhodný model (Saunders et al., 2002).

## 2.4. Metody odběrů vodních brouků

Vodní brouci jsou velmi různorodou skupinou z hlediska nároků na biotop, zejména z hlediska mikrohabitatových preferencí a aktivity. To se musí brát v úvahu při výběru metod sběru. Odběrové metody můžeme rozdělit na kvalitativní, jejichž cílem je zachycení vybraných druhů nebo celého druhového spektra vyskytujícího se na lokalitě, a na kvantitativní a semikvantitativní metody, pomocí kterých se snažíme zaznamenat početnost (abundanci) jednotlivých druhů (Boukal et al., 2007).

### Krabicová past (box trap)

Jedná se o krychlovou krabici beze dna a stropu o délce strany 50–70 cm zhotovenou z plechu, plexiskla či jiného pevného materiálu. Past se zatlačí na vybrané místo do dna a ohraničená plocha se důkladně prosmýká sítí, případně cedníkem. Tato metoda umožňuje poměrně přesně určit populační hustoty jednotlivých druhů a je standardně užívána v ekologických studiích zaměřených na vodní bezobratlé, zejména hmyz stojatých vod (Cook & Kennedy, 2000, Fairchild et al., 2000, Gunzburger & Travis, 2004, Knight et al., 2005). Tuto metodu jsem nepoužila z důvodu obtížné použitelnosti v husté vegetaci.

### Pasti na principu vrše

K odchytu vodních brouků existuje celá řada pastí fungujících na principu vrše. Nejjednodušší past zhotovíme z plastové lahve o objemu 1,5 l odříznutím vrchní části a jejím zasunutím obráceně do spodní části lahve. Past pracuje na stejném principu, jako vrš na ryby – aktivně plovoucí jedinci jsou navedeni trychtýřovitě se zužujícím vstupem dovnitř, ale nedokážou najít cestu zpět (Balke & Hendrich, 1987). Pastí se pokládají blízko břehu v horizontální poloze, nejlépe těsně pod hladinou vody, a ponechávají nastražené po dobu jednoho až několika dnů v závislosti na teplotě. Tato metoda je vhodná k odchytu větších potápníků čeledi Dytiscidae a vodomilů rodů *Hydrophilus* a *Hydrochara*; drobné druhy potápníků podle našich zkušeností výrazně podhodnocuje a další skupiny obvykle nejsou zachyceny vůbec. Účinnost pastí lze zvýšit použitím návnady, např. drůbežích jater nebo granulí pro zvířata, zvyšuje to však selektivitu pastí (odlišná atraktivita návnady pro různé druhy) a pro ekologické studie je proto méně vhodná. Pastí je možné využít po celý rok, dokonce i v zimě pod ledem. Úhynu

zachycených jedinců je možné zabránit tím, že past neponoříme zcela pod hladinu, případně v ní ponecháme bublinu se zásobou vzduchu. Pasti je pak nutné kontrolovat častěji, aby se zamezilo vzájemnému požírání zachycených jedinců. Další typ pasti, tzv. povrchová past, chytá brouky putující k hladině kvůli doplnění vzduchové bubliny (Mölle, 1998). Výhodou této nedestruktivní metody sběru je dlouhodobá možnost sledování, proto tato metoda byla použita k mému pokusu.

### **Metoda rozhrabávání dna**

Používá se v tekoucích vodách s písčitém, šterkovým až kamenitým dnem. Nohama či rukou rozrýváme dno a převracíme a omýváme kameny. Uvolněné jedince zachytáváme (spolu s detritem) do nastavené sítě, kam jsou unášeni proudem (Lellák & Kubíček, 1992, Schwörbel, 1994). Tuto metodu jsem nepoužila z důvodů provádění experimentu ve stojatých vodách.

### **Světelný lapač**

Pomocí světelného lapače lze získat cenné údaje o letové aktivitě řady druhů vodních brouků. Většina druhů létá pouze za dostatečně teplého počasí; u několika druhů vodomilů z podčeledi Sphaeridiinae se minimální teplota vzduchu pohybuje kolem 20°C (Boukal, 1997). Větší aktivita také bývá zaznamenána během vysychání lokality. Ve vzorcích ze světelných lapačů byli zaznamenáni zástupci téměř všech skupin vodních brouků. Jedná se ale o selektivní metodu, která zachytí jen část druhů, které se na lokalitě vyskytují. Jako velmi vhodná se tato metoda jeví např. pro čeledi Heteroceridae a Scirtidae, vodomily z podčeledi Sphaeridiinae a některé potápníky. Pouze vzácně na světlo přiletují zástupci čeledí Haliplidae, Hydraenidae nebo Elmidae (Jäch, 1993, Vondel, 1997, Kodada & Jäch, 2005b). Tato metoda je výrazně selektivní, proto nebyla použita.

### **Odchyt na polarizované světlo**

Poněkud obskurní, ale v některých případech efektivní metodou lovu vodních brouků je odchyt na lesklé plochy odrážející polarizované světlo. Tato metoda využívá toho, že některé plochy (např. povrch skleníku, červená karosérie auta) odrážejí polarizované světlo podobným způsobem jako vodní hladina a lákají letící brouky (Jäch, 1997, Nilsson, 1997, Kriska et al., 2006). Metoda je použitelná jen pro létající jedince, tudíž nebyla použita.

### 2.4.1. Účinnost pastí na sběr potápníků

Pro chytání větších druhů jsou účinnější pasti z lahví, protože větší brouci jsou zdatní plavci a mohou snadněji vyplavat ze sítě nebo před ní uniknout, zatímco síť byla účinnější pro chytání malých potápníků z rodů *Desmopachria*, *Hydrovatus*, *Hygrotus*, *Liodessus* a *Uvarus*. Schopnost vodorovného směru plavání, noční aktivita a akustická komunikace jsou považovány za faktory, které zvyšují účinnost pastí pomocí lahví (Hilsenhoff, 1987). Pasti z lahví jsou také velmi účinné pro zachycení druhů, které je obtížné nebo téměř nemožné nachytat pomocí sítí z důvodů prostředí, kde se vyskytují, například v rybnících s nadměrným výskytem okřehku (Hilsenhoff, 1987). Druhy jako *Agabus falli* (Zimmermann), které jsou aktivní na jaře, kdy je jejich stanoviště ještě většinou pokryto ledem, byly chytány téměř výhradně pomocí pastí (Aiken, 1985, Smith, 1973).

Pozorování brouků v akváriu ukazuje, že většina malých druhů plave svisle mezi hladinou a dnem, kde se živí, a neplavou tak často vodorovně při hledání potravy jako větší potápníci. Proto by bylo méně pravděpodobné, že budou zachyceny do vodorovně orientované nálevky pasti. Brancucci (1978) navrhnul svisle orientované pasti k přednostnímu chycení menších Dytiscidae. Předpokládá se, že několik rodů potápníků jsou primárně nebo zcela noční, a že mohou být chyceny pomocí sítě při rozhrabávání substrátu na dně, nebo výběrem v noci. *Agabetes*, *Agabus*, *Dytiscus*, *Hydaticus*, *Ilybius*, *Laccornis* a *Matus* jsou pravděpodobné příklady. Holomuzki (1985a, b) ukazuje noční chování u rodu *Agabus* a *Dytiscus*.

Akustická komunikace chycených brouků (Aiken, 1985, Smith, 1973) je důležitá především na jaře po přezimování, kdy se jedinci páří a do pastí přitahují další jedince stejného druhu. V rámci publikovaných výsledků to dokazuje například chycení několika jedinců stejného druhu v jedné pasti, i když v okolních pastech se tito jedinci nevyskytovali, přičemž ostatní pasti byly od sebe vzdálené méně než 3 metry a obsahovaly mnoho brouků jiného druhu. Kromě potápníků může být do pastí z lahví chycena široká škála dalšího hmyzu. Patří mezi ně vodomilové (čeleď Hydrophilidae), zejména *Hydrochara*, plavčíci (čeleď Haliplidae) a larvy dalších čeledí brouků, všechny řády vodních ploštic (Hemiptera), lentičtí chrostíci (Trichoptera), jepice (Ephemeroptera), vážky (Odonata), střechatky (Megaloptera), dvoukřídlí (Diptera) a pijavice (Hirudinea) (Hilsenhoff, 1987).

Pasti musí být zcela vyplněny vodou, aby se zajistilo, že brouci uhynou na nedostatek kyslíku. Nejefektivnější umístění pastí je v hustě zarostlé oblasti s vodou dostatečně hlubokou na jejich pokrytí, a to zejména při umístění v přírodním kanálu mezi rostlinami, souběžně ke břehu nebo k nějaké překážce, například jako je kmen stromu. Při teplotách nad 20 °C by měly pasti být vybírány nejdéle po 2 nebo 3 dnech, aby se zabránilo rozpadu mrtvých brouků. Při teplotě vody pod 10 °C pasti mohou být vybírány až po 5 až 7 dnech. Při teplotách kolem 0 °C mají brouci sníženou potřebu kyslíku, proto většinou neuhynou z jeho nedostatku, ale spíše hrozí riziko predace malých brouků v pasti většími (Hilsenhoff, 1987).



### 3. METODIKA

V rámci vlastního terénního pozorování byla zjišťována denní aktivita potápníků a zastoupení jednotlivých druhů v jednotlivých pastech a odběrových termínech. Práce probíhala na dvou rybnících u vesnice Třebín, asi 6 km západně od Českých Budějovic. Rybník Rahovec (obr. č. 1) s hustým, rozsáhlejším litorálem než rybník Horní farský (obr. č. 2), je orientován SV směrem, a nachází se na západ od vesnice Třebín. Spolu s vegetačním pokryvem zaujímá plochu 25 828 m<sup>2</sup>. Rybník Horní farský je orientovaný SV a nachází se také na západ od vesnice Třebín. Oproti rybníku Rahovci je výrazně menší a zaujímá plochu 6270 m<sup>2</sup>.

Letecké snímky rybníků pocházejí z roku 2001, tudíž vegetační pokryv zcela neodpovídá stavům rybníků při prováděných odběrech. Rybník Horní farský (obr. č. 2) je na snímku vypuštěný.

**Obrázek č. 1** Rybník Rahovec – schéma umístění jednotlivých pastí při odchytu potápníků. Směr šipky při horním okraji snímku znázorňuje sever.



1 : 1500



0

75 m

**Obrázek č. 2** Rybník Horní farský – schéma umístění jednotlivých pastí při odchytu potápníků. Směr šipky při horním okraji snímku znázorňuje sever.



1 : 1500



0

75 m

## **Práce v terénu**

### **Obecná pravidla pokládání a vybírání**

Odchyt vodních bezobratlých byl prováděn standardizovanou metodou pomocí PET lahví o objemu 1,5 l, kdy byl odříznut svršek láhve a obráceně vložen do plastové lahve (Boukal et al., 2007, Klečka & Boukal, 2011). Každá past byla připevněna provázkem k tyči, která byla opatřena štítkem s číslem pasti. Tím bylo zajištěno, že odběry v dané pasti probíhaly vždy na stejném místě. Odchyty proběhly během tří termínů, dvou na jaře a jednoho na podzim (7.–9.6., 27.–29.6. a 13.–15.9. 2011). Termíny byly zvoleny tak, aby bylo zachyceno období jarní aktivity jedinců po přezimování (před reprodukčním obdobím a během něj) a období podzimní aktivity nově vylíhlé generace před nástupem zimy. Během tohoto období jsou dospělci potápníků a dalších vodních brouků nejvíce aktivní a lze je proto zachytit v dostatečném počtu (Klečka, 2008, Boukal & Křivan, 2010).

Na každém rybníku bylo položeno 22 pastí, které se pokládaly podle předem stanoveného systému. Při každém odběru byly pasti náhodně rozděleny do dvou sérií. První série se pokládala večer, ráno vybírala, opět se položila a večer vybrala. Druhá série se pokládala ráno s 1. sérií, vybírala večer a opět položila s výběrem dalšího dne ráno. Tímto způsobem bylo zajištěno, aby poloha pasti neměla vliv na srovnání denních a nočních odchytů. Za jeden odchytový termín se tedy položilo a vybralo na obou rybnících dohromady 88 pastí.

Pastí byly pokládány a vybírány vždy zhruba ve stejnou hodinu, aby se interval pohyboval přibližně kolem 12 hodin (cca 19:30–20:30 a 7:30–8:30). Při podzimním odběru se interval mezi odběry nepatrně zkrátil. Při pokládání pastí byly používány jako návnady kousky rozmražených kuřecích jater v množství zhruba 25–30 gramů na jednu past. Past byla potopena tak, aby bylo uvnitř co nejméně vzduchu, nejlépe žádný. Tím se minimalizovala možnost úniku jedinců po zachycení do pasti - dospělci vodních brouků po vniknutí do pasti během krátké doby přestanou aktivovat a po dalším období hynou díky nedostatku vzduchu.

Při vybírání pastí jsem opatrně obsah slila přes cedník s oky o velikosti 0,5 mm a všechny bezobratlé živočichy zachycené v cedníku vložila do epruvety s 80% lihem. Pokud byl v pasti větší počet pijavic nebo drobné ryby, zaznamenala jsem jejich počet.

Každý vzorek jsem v terénu označila kódem rybníka (R1 = rybník Rahovec a R2 = rybník Horní farský), číslem pasti (1–22), datem (den/měsíc/rok) a RÁ nebo VEČ (podle doby vybírání). Po výběru pasti jsem vždy odstranila vršek, aby pasti nechytaly dál. Použitá játra jsem odstranila mimo rybník, aby nemohly přitahovat potápníky ve vodě a tím zkreslovat působení aktivních pastí.

### **Intervaly mezi položením a vybíráním pastí**

Interval mezi položením a vybíráním pastí u rybníka Rahovec při 1. odběru byl 12 hod. při pokládání a vybírání 1. části pastí a 11 hod. při pokládání a vybírání 2. části pastí u 1. série, u 2. série 11 hod. při pokládání a vybírání 1. části pastí a 12 hod. při pokládání a vybírání 2. části pastí. Na rybníku Horní farský se interval mezi položením a vybíráním prodloužil na 13 hod. a 12 a půl hod., u 2. série 10 a půl hod. a 13 hod. Slunce vycházelo v 4:58 hod. a zapadalo ve 21:06 hod.

U 2. odběru byly intervaly při sběru na rybníku Rahovec u 1. série 13 hod. a 10 hod., u 2. série 10 hod. a 13 hod., na rybníku Horní farský u 1. série 13 a půl hod. a 10 hod., u 2. série 10 hod. a 12 hod. Slunce vycházelo v 4:59 hod. a zacházelo ve 21:09 hod.

U rybníka Rahovec byl interval mezi položením a vybíráním pastí při 3. odběru přibližně 13 hod. a 9 hod. u 1. série, 9 hod. a 14 hod. u 2. série. Na rybníku Horní farský doba mezi položením a vybráním pastí byla u 1. série 14 hod. a 9 hod., u 2. série 14 hod. a 10 hod. Slunce vycházelo v 6:35 a zapadalo v 19:26 hod.

### **Měřené charakteristiky pastí**

Pro každou past zvlášť byla měřena teplota vody přibližně v úrovni pasti při pokládání i vybírání pasti, doba položení a vyzvednutí pasti a jakékoliv zvláštnosti při položení i vybírání (např. nedostatek vody v okolí pasti, přítomnost organického znečištění apod.). Dále jsem odhadla množství (vrstvu) rostlinného detritu v místě položení pasti a provedla botanický snímek bezprostředního okolí dané pasti (čtverec o straně cca 2 x 2 m<sup>2</sup> se středem v místě položení pasti. Tato data byla zjišťována z toho důvodu, že potápníci obecně preferují mělčí místa s bohatou vegetací a množstvím (Boukal et al. 2007), a mým cílem bylo ověřit tuto závislost na kvantitativní škále.

**Tab. č. 1.** Rybník Rahovec – fytologický snímek. % vyjadřují pokryvnost v okolí 2x2 m.

<b>past</b>	<b>zblochan (<i>Glyceria</i> sp.)</b>	<b>ostřice (<i>Carex</i> sp.)</b>	<b>rákos (<i>Phragmites</i> sp.)</b>	<b>detrit</b>	<b>hloubka</b>
<b>1</b>	0 %	60 %	5 %	10 cm	30 cm
<b>2</b>	0 %	40 %	10 % (okraj)	10 cm	25 cm
<b>3</b>	3 rostliny	20 % (okraj)	10 % (okraj)	10 cm	20 cm
<b>4</b>	1 rostlina	70 %	5 ks	10 cm	25 cm
<b>5</b>	0 %	10 %	70 %	10 cm	30 cm
<b>6</b>	0 %	50 %	40 %	10 cm	25 cm
<b>7</b>	0 %	50 %	5 %	15 cm	25 cm
<b>8</b>	0 %	1 bult	50 %	5 cm	35 cm
<b>9</b>	0 %	0 %	60 %	15 cm	35 cm
<b>10</b>	0 %	0 %	70 %	10 cm	30 cm
<b>11</b>	0 %	5 %	35 %	15 cm	30 cm
<b>12</b>	0 %	2 bulvy	25 %	10 cm	30 cm
<b>13</b>	0 %	30 %	10 % (okraj)	5 cm	25 cm
<b>14</b>	0 %	40 %	30 %	10 cm	30 cm
<b>15</b>	0 %	10 %	75 %	10 cm	15 cm
<b>16</b>	0 %	15 %	60 %	10 cm	30 cm
<b>17</b>	0 %	15 %	15 %	10 cm	25 cm
<b>18</b>	0 %	50 %	50 %	10 cm	20 cm
<b>19</b>	0 %	40 %	5 ks	15 cm	25 cm
<b>20</b>	0 %	15 %	5 %	5 cm	30 cm
<b>21</b>	0 %	50 %	15 %	10 cm	15 cm
<b>22</b>	0 %	30 %	60 %	10 cm	20 cm

**Tab. č. 2.** Rybník Horní farský – fytologický snímek. % vyjadřují pokryvnost v okolí 2x2 m.

<b>past</b>	<b>zblochan (<i>Glyceria</i> sp.)</b>	<b>detrit</b>	<b>hloubka</b>
<b>1</b>	90 %	10 cm	35 cm
<b>2</b>	100 %	5 cm	45 cm
<b>3</b>	100 %	15 cm	30 cm
<b>4</b>	100 %	15 cm	40 cm
<b>5</b>	100 %	10 cm	35 cm
<b>6</b>	100 %	10 cm	30 cm
<b>7</b>	100 %	10 cm	30 cm
<b>8</b>	90 %	10 cm	45 cm
<b>9</b>	90 %	10 cm	25 cm
<b>10</b>	60 %	5 cm	45 cm
<b>11</b>	100 %	?	30 cm
<b>12</b>	50 %	5 cm	55 cm
<b>13</b>	90 %	5 cm	30 cm
<b>14</b>	60 %	0 cm	45 cm
<b>15</b>	75 %	5 cm	45 cm
<b>16</b>	100 %	5 cm	15 cm
<b>17</b>	60 %	5 cm	20 cm
<b>18</b>	90 %	5 cm	20 cm
<b>19</b>	70 %	5 cm	25 cm
<b>20</b>	80 %	5 cm	30 cm
<b>21</b>	70 %	10 cm	30 cm
<b>22</b>	90 %	5 cm	20 cm

Z fytologického hlediska je rybník Rahovec nejvíce bohatý na ostřici (*Carex* sp.) a rákosí (*Phragmites* sp.), okřehek (*Lemna* sp.) se zde nevyskytoval vůbec. V malém množství se zde vyskytoval zblochan (*Glyceria* sp.). Rybník Horní farský byl naopak bohatý na zblochan (*Glyceria* sp.) s menším výskytem okřešku (*Lemna* sp.). Ostřice (*Carex* sp.) a rákosí (*Phragmites* sp.) se na tomto rybníku nevyskytovaly vůbec.

Vrstva detritu se pohybovala na obou rybnících od 5-15 cm. Průměrně vyšší vrstva detritu byla na rybníku Rahovec. Vzhledem k velmi podobným hodnotám jsem ale vliv vrstvy detritu nadále nevyhodnocovala, stejně jako vliv hloubky vody v místě položení pasti.

## **Zpracování dat**

Všechny nachytané bezobratlé jsem determinovala pomocí klíčů a srovnávací sbírky poskytnuté mým školitelem. Jedince a u vybraných druhů také pohlaví jsem určovala pod stereomikroskopem Olympus SZ51. Poměr pohlaví byl určován u celkem 36 druhů brouků z čeledí Dytiscidae, Noteridae a Hydrophilidae (viz Přílohy). U některých jedinců ale nebylo možné pohlaví určit (ztráta během manipulace v terénu, poškození uvnitř pasti). Grafy jsem vytvořila a zpracovala v programu Microsoft Excel 2010.

## 4. VÝSLEDKY

### Počty kusů a druhů

Z celkového počtu 3286 jedinců včetně larev bylo chyceno 1969 jedinců čeledi Dytiscidae, 475 jedinců čeledi Noteridae, 2 jedinci čeledi Helophoridae, 552 jedinců čeledi Hydrophilidae a 288 zástupců ostatních skupin (tab. č. 9 a 10). Jepice *Cloeon dipterum* a vodouch (*Argyroneta aquatica*) nebyli do tabulky zahrnuti. Při 1. odběru bylo chyceno celkem 1754 jedinců (na rybníku Rahovec 1059 jedinců, na rybníku Horní farský 695 jedinců). Při 2. odběru bylo chyceno celkem 972 jedinců (612 jedinců na rybníku Rahovec, 360 jedinců na rybníku Horní farský) a při 3. odběru bylo chyceno 560 jedinců (181 jedinců na rybníku Rahovec a 379 jedinců na rybníku Horní farský).

Celkem bylo na obou rybnících chyceno 53 druhů vodních bezobratlých, z toho 36 druhů čeledi Dytiscidae, 2 druhy čeledi Noteridae, 5 druhů čeledi Hydrophilidae, 2 druhy čeledi Helophoridae, 1 druh čeledi Haliplidae a 8 ostatních druhů – vodouch (*Argyroneta aquatica*), bodule (*Ilyocoris cimicoides*), vážky rodu *Sympetrum* (pravděpodobně jeden druh), pijavka koňská (*Haemopsis sanguisuga*), ploštice *Plea minutissima*, jepice *Cloeon dipterum* a znakoplavky *Notonecta* sp. (pravděpodobně *N. glauca*).

Při 1. odběru bylo chyceno 1049 jedinců z čeledi Dytiscidae, 115 jedinců z čeledi Noteridae, 449 jedinců z čeledi Hydrophilidae, 2 jedinci z čeledi Helophoridae, 4 jedinci z čeledi Haliplidae a 135 jedinců ostatních druhů. Při 2. odběru to bylo 719 jedinců z čeledi Dytiscidae, 102 jedinců z čeledi Hydrophilidae, 16 jedinců z čeledi Haliplidae, 27 jedinců z čeledi Noteridae a 103 jedinců ostatních druhů. Při 3. odběru bylo chyceno 201 jedinců z čeledi Dytiscidae, 1 jedinec z čeledi Hydrophilidae, 333 jedinců z čeledi Noteridae, 3 jedinci z čeledi Haliplidae a 22 jedinců ostatních druhů.

Celkově nejpočetnější potápníkem byl na obou rybnících *Hydaticus seminiger* (obr. č. 4) s celkovým počtem 733 jedinců. Na rybníku Rahovec se chytilo celkem 559 jedinců, na rybníku Horní farský celkem 174 jedinců. Průměrně se v rámci jednoho denního/nočního odchyty ulovilo na rybníku Rahovec  $93,2 \pm 91,6$  jedinců v rozsahu 7-251 jedinců (rozsah ze všech odběrů), na rybníku Horní farský průměrně  $29 \pm 19,9$  jedinců v rozsahu 6-63 jedinců. Nejvíce jedinců bylo odchyceno na rybníku Rahovec při 1. odběru v noci a nejméně na rybníku Horní farský při 3. odběru v noci.



Velmi hojným druhem v pastech byl také vodomil *Hydrochara caraboides* (545 dospělců, obr. č. 5), v pastech se často vyskytovaly i jeho larvy (obr. č. 6). Dalšími hojnými druhy, zejména na rybníku Horní farský, byl *Noterus crassicornis* (celkem 471 jedinců, obr. č. 7) a na rybníku Rahovec *Graphoderus cinereus* (celkem 377 jedinců, obr. č. 8). Mezi další druhy s abundancí nad 100 jedinců patřil *Acilius canaliculatus* (celkem 133 jedinců, obr. č. 9), *Hygrotus decoratus* (celkem 123 jedinců, obr. č. 10), *Rhantus suturalis* (celkem 129 jedinců, obr. č. 11) s převládajícím výskytem na rybníku Rahovec, *Hygrotus inaequalis* (celkem 113 jedinců, obr. č. 12) a *Ilybius ater* (celkem 103 jedinců, obr. č. 13). Druhy s abundancí 25-100 jedinců zahrnovaly *Hydaticus continentalis* (celkem 48 jedinců, obr. č. 14), *Dytiscus marginalis* (31 jedinců, obr. č. 15) a *Ilybius subaeneus* (celkem 25 jedinců). Druhy s abundancí nižší než 24 jedinců shrnují tab. č. 9 a 10.

Celkem 6 druhů se chytilo pouze na rybníku Rahovec: *Hydroporus umbrosus*, *Suphrodytes dorsalis*, *Hyphydrus ovatus*, *Helophorus minutus*, *Hydrobius fuscipes* a *Hydrophilus atterimus* (tab. č. 9). Všechny z nich byly poměrně vzácné. Nejhojnější z těchto druhů byl *Hyphydrus ovatus* (6 jedinců), *Hydrobius fuscipes* (3 jedinci), *Hydroporus umbrosus* (2 jedinci), zbylé 3 druhy se vyskytovaly po jednom jedinci. Naopak na rybníku Horní farský bylo chyceno 9 druhů, které se nevyskytovaly na rybníku Rahovec: *Agabus sturmi*, *Agabus biguttatus*, *Agabus bipustulatus*, *Liopterus haemorrhoidalis*, *Hydaticus transversalis*, *Hydroglyphus geminus*, *Laccophilus minutus*, *Helophorus aquaticus* a *Anacaena limbata* (tab. č. 10). I tyto druhy byly chyceny jen jednotlivě. Nejhojnější z těchto druhů byl *Hydroglyphus geminus* (5 jedinců), dále *Liopterus haemorrhoidalis* a *Laccophilus minutus* (3 jedinci), *Agabus biguttatus* a *Agabus bipustulatus* (2 jedinci), ostatní druhy odchyceny po jednom jedinci.

Z ostatních skupin byla hojná pouze pijavka koňská (*Haemospis sanguisuga*), zvláště na rybníku Horní farský (obr. č. 16). Zástupci dalších čeledí vodních brouků, vodních ploštic, vážek a pavouků se na obou rybnících v pastech vyskytovali jen vzácně.

### Úspěšnost jednotlivých pastí

Úspěšnost jednotlivých pastí při odběrech na rybníku Rahovec se různila (tab. č. 3). Nejvíce jedinců se chytilo v pasti č. 21 (172 jedinců), nejméně v pasti č. 4 a 20 (33 jedinců). Celkový rozsah odchycených jedinců při 1. odběru byl 17–102 jedinců, při 2. odběru 0–87 jedinců, při 3. odběru 0–38 jedinců. Na tomto rybníku nebyla znatelná výrazná závislost jedinců na vegetaci (obr. č. 23).

**Tab. č. 3** Úspěšnost jednotlivých pastí při jednotlivých odběrech na rybníku Rahovec. Čísla udávají celkový počet odchycených jedinců.

Past	1. odběr	2. odběr	3. odběr	Celkem	Průměr ± směrodatná odchylka
1	44	7	7	58	19±17,4
2	38	8	2	48	16±15,7
3	28	6	5	39	13±10,6
4	24	9	0	33	11,7±8,7
5	57	12	1	70	23,3±24,2
6	41	16	5	58	20,6±15,1
7	45	22	5	72	24±16,4
8	73	32	14	119	49,7±25,6
9	34	27	38	99	33±4,5
10	36	5	27	68	22,6±13
11	10	28	1	39	13±11,2
12	80	56	7	143	47,7±30,4
13	63	12	6	81	27±25,6
14	32	18	29	79	26,3±6
15	42	45	3	90	30±19,1
16	66	28	1	95	31,7±26,7
17	62	75	7	144	48±29,5
18	50	87	3	140	46,7±34,4
19	82	0	4	86	28,7±37,7
20	17	14	2	33	11±6,5
21	102	59	11	172	57,3±37,2
22	34	16	3	53	17,7±12,7

Úspěšnost jednotlivých pastí při odběrech na rybníku Horní farský se různila podobně jako na rybníku Rahovec (tab. č. 4). Nejvíce jedinců se chytilo v pasti č. 3 (121 jedinců), nejméně v pasti č. 10 (19 jedinců). Celkový rozsah jedinců při 1. odběru byl 1-87 jedinců, při 2. odběru 0-45 jedinců a při 3. odběru 0-53 jedinců. Na rozdíl od rybníku Rahovec byla zjištěna vyšší abundance jedinců v pastech s okolní bohatou vegetací (obr. č. 24).

**Tab. č. 4** Úspěšnost jednotlivých pastí při jednotlivých odběrech na rybníku Horní farský. Čísla udávají celkový počet odchycených jedinců.

Past	1. odběr	2. odběr	3. odběr	Celkem	Průměr±směrodatná odchylka
1	36	40	10	86	28,6±13,3
2	26	45	4	75	25±16,8
3	87	26	8	121	40,3±33,8
4	70	6	30	106	35,3±26,4
5	29	27	14	70	23,3±6,6
6	14	22	37	73	24,3±9,5
7	76	8	10	94	31,3±31,6
8	32	11	12	55	18,3±9,7
9	17	1	12	30	10±6,7
10	11	2	6	19	6,3±3,7
11	67	18	0	85	28,3±28,3
12	1	33	16	50	16,6±13
13	40	5	53	98	32,7±20,3
14	5	10	10	25	8,3±2,4
15	7	21	45	73	24,3±15,7
16	21	12	12	45	15±4,2
17	22	14	17	53	17,7±3,3
18	11	0	12	23	7,7±5,4
19	48	13	35	96	32±14,4
20	34	13	17	64	21,3±9,1
21	3	17	14	34	11,3±6
22	42	16	6	60	21,3±15,2

## Porovnání denních a nočních úlovků

Celková početnost odchytených jedinců byla 1284 ve dne a 2002 jedinců v noci. Nejvíce jedinců bylo odchyteno na obou rybnících při 1. odběru v noci. Nejméně jedinců bylo na rybníku Rahovec odchyteno při 3. odběru ve dne (obr. č. 3) a na rybníku Horní farský při 2. odběru v noci (obr. č. 3). Početnost jedinců mezi 2. a 3. sběrem se snižovala nebo přibližně rovnala.

Při 1. odběru bylo odchyteno na rybníku Rahovec ve dne 355 jedinců, při 2. odběru 192 jedinců a při 3. odběru 61 jedinců. V noci bylo na rybníku Rahovec odchyteno zhruba dvakrát více potápníků než ve dne: při 1. odběru 704 jedinců, při 2. odběru 420 jedinců a při 3. odběru 120 jedinců. Na rybníku Horní farský bylo odchyteno ve dne při 1. odběru 262 jedinců, při 2. odběru 205 jedinců a při 3. odběru 209 jedinců. V noci bylo odchyteno více potápníků jen při 1. odběru (433 jedinců), při 2. odběru (155 jedinců) a 3. odběru (170 jedinců) to již bylo méně než ve dne. Počty jedinců odchytených za hodinu v denní a noční době a jejich vzájemný podíl se výrazně lišily i v jednotlivých pastech (tab. č. 5 a 6).

**Tab. č. 5** Počty jedinců odchytených za hodinu v denní a noční době v jednotlivých pastech na rybníku Rahovec. DN = poměr denních ku nočním úlovkům.

Past	Období	1. odběr	2. odběr	3. odběr	Průměrné DN
<b>1</b>	Den	1	0,3	0,3	-
	Noc	3	0,3	0,08	-
	DN	0,3	1	3,75	1,7
<b>2</b>	Den	1,8	0,2	0,08	-
	Noc	1,3	0,5	0,2	-
	DN	1,4	0,4	0,4	0,7
<b>3</b>	Den	0,7	0,4	0,4	-
	Noc	1,6	0,08	0,08	-
	DN	0,4	5	5	3,5
<b>4</b>	Den	2	0,6	0	-
	Noc	0,08	0,2	0	-
	DN	2,5	3	0	1,8
<b>5</b>	Den	3	0,08	0,08	-
	Noc	1,8	1	0,08	-
	DN	1,7	0,08	1	0,9
<b>6</b>	Den	1,3	0,8	0,08	-
	Noc	2,2	0,5	0,4	-
	DN	0,6	1,6	0,2	1,2
<b>7</b>	Den	0,5	0,2	0,2	-
	Noc	3,3	1,7	0,3	-
	DN	0,2	0,1	0,7	0,3

<b>8</b>	Den	0,3	0,08	0,5	-
	Noc	5,8	5,1	0,7	-
	DNI	0,05	0,01	0,7	0,3
<b>9</b>	Den	0,6	0,8	0,8	-
	Noc	2,3	1,5	2,4	-
	DN	0,3	0,5	0,3	0,4
<b>10</b>	Den	1,3	0,3	0,08	-
	Noc	1,7	0,2	2,3	-
	DN	0,8	1,5	0,03	0,8
<b>11</b>	Den	0,3	0,8	0,08	-
	Noc	0,6	1,5	0,08	-
	DN	0,5	2,3	1	1,3
<b>12</b>	Den	2,3	1,8	0,08	-
	Noc	4,3	2,8	0,6	-
	DN	0,5	0,6	0,1	0,4
<b>13</b>	Den	1,7	0,08	0,08	-
	Noc	3,6	0,9	0,5	-
	DN	0,5	0,08	0,2	0,8
<b>14</b>	Den	1,3	0,9	1,3	-
	Noc	1,3	0,6	1,1	-
	DN	1	1,5	1,2	1,2
<b>15</b>	Den	0,5	1,3	0,08	-
	Noc	3	2,3	0,2	-
	DN	0,2	0,6	0,4	0,4
<b>16</b>	Den	1,1	0,3	0,08	-
	Noc	4,1	2,1	0,08	-
	DN	0,3	0,1	1	0,5
<b>17</b>	Den	1,3	0,5	0,6	-
	Noc	4	5,8	0,08	-
	DN	0,3	0,08	7,5	2,6
<b>18</b>	Den	0,08	2,8	0,08	-
	Noc	4,1	4,5	0,2	-
	DN	0,02	0,6	0,4	0,3
<b>19</b>	Den	6,7	0	0,3	-
	Noc	0,2	0	0,08	-
	DN	33,5	0	3,8	18,7
<b>20</b>	Den	0,5	1,2	0,08	-
	Noc	0,9	0,08	0,2	-
	DN	0,5	15	0,4	5,3
<b>21</b>	Den	1,2	1,7	0,6	-
	Noc	7,3	3,3	0,3	-
	DN	8,5	5	2	5,2
<b>22</b>	Den	0,3	1	0,08	-
	Noc	2,5	0,3	0,3	-
	DN	0,1	3,3	0,3	3,7

**Tab. č. 6** Počty jedinců za hodinu odchytených v denní a noční době do jednotlivých pastí na rybníku Horní farský. DN = poměr denních ku nočním úlovkům.

Past	Období	1. odběr	2. odběr	3. odběr	Průměrné DN
<b>1</b>	Den	1,8	2,2	0,3	-
	Noc	1,2	1,2	0,6	-
	DN	1,5	1,8	0,5	1,3
<b>2</b>	Den	0,8	1,3	0,3	-
	Noc	1,4	2,4	0,08	-
	DN	0,6	0,5	3,8	4,9
<b>3</b>	Den	2,8	0,8	0,3	-
	Noc	4,4	1,4	0,4	-
	DN	0,6	0,6	0,8	0,6
<b>4</b>	Den	2,2	0,5	0,9	-
	Noc	3,7	0,08	1,6	-
	DN	0,6	6,3	0,6	2,5
<b>5</b>	Den	1,8	1,8	0,7	-
	Noc	0,7	0,5	0,5	-
	DN	2,6	3,6	1,4	2,5
<b>6</b>	Den	1	1,8	2,4	-
	Noc	0,2	0,08	0,7	-
	DN	5	22,5	3,4	10,3
<b>7</b>	Den	0,5	0,3	0,5	-
	Noc	5,8	0,3	0,3	-
	DN	0,6	1	1,7	1,1
<b>8</b>	Den	0,8	0,6	0,8	-
	Noc	1,8	0,3	0,2	-
	DN	0,4	2	4	2,1
<b>9</b>	Den	0,08	0,08	0,7	-
	Noc	1,3	0,08	0,3	-
	DN	0,06	1	2,3	3,4
<b>10</b>	Den	0,3	0,2	0,4	-
	Noc	0,7	0,08	0,08	-
	DN	0,4	2,5	5	2,6
<b>11</b>	Den	1,4	1,2	0,08	-
	Noc	4,2	0,3	0,08	-
	DN	0,3	4	1	1,8
<b>12</b>	Den	0,08	0,4	0,6	-
	Noc	0,08	2,3	0,8	-
	DN	1	0,2	0,8	0,6
<b>13</b>	Den	0,5	0,3	0,3	-
	Noc	2,8	0,2	4,2	-
	DN	0,17	1,5	0,07	0,6
<b>14</b>	Den	0,08	0,4	0,6	-
	Noc	0,4	0,4	0,3	-
	DN	0,2	1	2	1,1
<b>15</b>	Den	0,08	0,5	2,8	-

	Noc	0,6	1,3	1	-
	DN	0,1	0,4	2,8	1,1
<b>16</b>	Den	0,6	0,5	0,6	-
	Noc	1,2	0,5	0,3	-
	DN	0,5	1	2	1,2
<b>17</b>	Den	0,8	0,8	1,4	-
	Noc	1	0,4	0,08	-
	DN	0,8	2	17,5	6,8
<b>18</b>	Den	0,6	0,08	0,9	-
	Noc	0,3	0,08	0,08	-
	DN	2	1	11,3	4,8
<b>19</b>	Den	2,6	0,9	0,5	-
	Noc	1,4	0,2	2,4	-
	DN	1,9	4,5	0,2	2,2
<b>20</b>	Den	1,3	0,9	0,5	-
	Noc	1,5	0,08	0,2	-
	DN	0,9	11,3	2,5	4,9
<b>21</b>	Den	0,08	0,7	0,8	-
	Noc	0,3	0,8	0,3	-
	DN	0,3	0,9	2,7	1,3
<b>22</b>	Den	2,3	1,1	0,4	-
	Noc	1,3	0,3	0,9	-
	DN	1,8	3,7	0,4	2

### Poměry pohlaví

Celkem bylo na rybníku Rahovec odchyceno 1288 jedinců, u kterých jsem určovala pohlaví. Z toho bylo 621 samců, 667 samic a 10 jedinců neurčeného pohlaví. Poměr pohlaví vyjádřený jako počet samců na jednu samici byl při 1. odběru 1,06 ( $n = 681$ ), při 2. odběru 1,0 ( $n = 439$ ) a při 3. odběru 0,42 ( $n = 165$ ). Celkový poměr pohlaví byl 0,9 ( $n = 1288$ ).

Na rybníku Horní farský bylo odchyceno 833 jedinců druhů, u kterých jsem určovala pohlaví. Z toho bylo 342 samců, 491 samic a 3 jedinci neurčeného pohlaví. Poměr pohlaví vyjádřený jako počet samců na jednu samici byl při 1. odběru 0,8 ( $n = 322$ ), při 2. odběru 0,8 ( $n = 170$ ) a při 3. odběru 0,6 ( $n = 341$ ). Celkový poměr pohlaví samce na jednu samici byl 0,7 ( $n = 833$ ). Celkově tedy převažovaly samice na rybníku Rahovec i Horní farský. Poměry v jednotlivých pastech na obou rybnících byly proměnlivé, v některých pastech byly chyceny jen samice (tab. č. 7 a 8).

**Tab. č. 7** Poměr pohlaví vyjádřený počtem samců na jednu samici v jednotlivých pastech na rybníku Rahovec. Symbol  $\infty$  vyjadřuje úlovek složený jen ze samců,  $n$  = celkový počet jedinců v pasti.

<b>Past</b>	<b>1. odběr</b>	<b>2. odběr</b>	<b>3. odběr</b>
<b>1</b>	0,6 ( $n = 25$ )	1( $n = 2$ )	0,8 ( $n = 7$ )
<b>2</b>	2,3 ( $n = 10$ )	0 ( $n = 1$ )	1 ( $n = 2$ )
<b>3</b>	1,1 ( $n = 17$ )	0 ( $n = 1$ )	1,5 ( $n = 5$ )
<b>4</b>	1,2 ( $n = 13$ )	0 ( $n = 6$ )	0 ( $n = 0$ )
<b>5</b>	1,2 ( $n = 28$ )	1 ( $n = 2$ )	2 ( $n = 3$ )
<b>6</b>	0,8 ( $n = 24$ )	0,3 ( $n = 13$ )	1 ( $n = 6$ )
<b>7</b>	0,5 ( $n = 32$ )	0,5 ( $n = 12$ )	3 ( $n = 8$ )
<b>8</b>	2,6 ( $n = 57$ )	1,1 ( $n = 57$ )	1,2 ( $n = 11$ )
<b>9</b>	2,1 ( $n = 25$ )	3 ( $n = 40$ )	0,7 ( $n = 25$ )
<b>10</b>	0,8 ( $n = 9$ )	1( $n = 4$ )	0 ( $n = 16$ )
<b>11</b>	0,3 ( $n = 9$ )	3 ( $n = 4$ )	$\infty$ ( $n = 1$ )
<b>12</b>	1,0 ( $n = 77$ )	1,3 ( $n = 39$ )	0,2 ( $n = 7$ )
<b>13</b>	1,8 ( $n = 47$ )	0,6 ( $n = 8$ )	0,3 ( $n = 4$ )
<b>14</b>	0,5 ( $n = 22$ )	0,8 ( $n = 11$ )	0,5 ( $n = 21$ )
<b>15</b>	0,9 ( $n = 30$ )	0,8 ( $n = 21$ )	2 ( $n = 3$ )
<b>16</b>	1,3 ( $n = 36$ )	0,7 ( $n = 14$ )	0 ( $n = 1$ )
<b>17</b>	1 ( $n = 36$ )	1,1 ( $n = 58$ )	0,06 ( $n = 35$ )
<b>18</b>	1,6 ( $n = 42$ )	1,3 ( $n = 55$ )	0,5 ( $n = 3$ )
<b>19</b>	0,2 ( $n = 53$ )	0 ( $n = 0$ )	0 ( $n = 1$ )
<b>20</b>	0,8 ( $n = 11$ )	0,4 ( $n = 14$ )	0 ( $n = 2$ )
<b>21</b>	1,5 ( $n = 62$ )	1,1 ( $n = 56$ )	0,5 ( $n = 3$ )
<b>22</b>	2,1 ( $n = 28$ )	0 ( $n = 7$ )	0 ( $n = 2$ )



**Tab. č. 8** Poměr pohlaví vyjádřený počtem samců na jednu samici v jednotlivých pastech na rybníku Horní farský. Symbol  $\infty$  vyjadřuje úlovek složený jen ze samců,  $n$  = celkový počet jedinců v pasti.

Past	1. odběr	2. odběr	3. odběr
1	1,3 ( $n = 9$ )	0,5 ( $n = 14$ )	0,5 ( $n = 9$ )
2	0,5 ( $n = 12$ )	0,7 ( $n = 22$ )	0 ( $n = 1$ )
3	0,5 ( $n = 32$ )	1 ( $n = 12$ )	0,1 ( $n = 8$ )
4	0,8 ( $n = 32$ )	0,4 ( $n = 4$ )	0,4 ( $n = 30$ )
5	0,5 ( $n = 14$ )	0,5 ( $n = 16$ )	0,3 ( $n = 9$ )
6	0 ( $n = 0$ )	0 ( $n = 2$ )	0,6 ( $n = 37$ )
7	0,6 ( $n = 33$ )	1 ( $n = 2$ )	1,5 ( $n = 10$ )
8	0,8 ( $n = 23$ )	2 ( $n = 9$ )	0,6 ( $n = 11$ )
9	2,5 ( $n = 14$ )	60 ( $n = 6$ )	1 ( $n = 8$ )
10	0,5 ( $n = 9$ )	1 ( $n = 2$ )	0 ( $n = 6$ )
11	0,8 ( $n = 35$ )	0,6 ( $n = 5$ )	0 ( $n = 0$ )
12	0 ( $n = 1$ )	0,8 ( $n = 9$ )	0,5 ( $n = 16$ )
13	1 ( $n = 28$ )	1 ( $n = 2$ )	0,7 ( $n = 45$ )
14	$\infty$ ( $n = 1$ )	0,2 ( $n = 7$ )	0,1 ( $n = 10$ )
15	0 ( $n = 0$ )	1 ( $n = 12$ )	0,6 ( $n = 44$ )
16	1 ( $n = 6$ )	0 ( $n = 2$ )	0,8 ( $n = 11$ )
17	1 ( $n = 14$ )	0,3 ( $n = 5$ )	0,7 ( $n = 17$ )
18	0,6 ( $n = 5$ )	0 ( $n = 0$ )	0,3 ( $n = 4$ )
19	1 ( $n = 22$ )	2 ( $n = 6$ )	0,7 ( $n = 32$ )
20	1,8 ( $n = 14$ )	1 ( $n = 4$ )	0,5 ( $n = 15$ )
21	0 ( $n = 2$ )	1 ( $n = 12$ )	0,3 ( $n = 13$ )
22	0,7 ( $n = 16$ )	1,3 ( $n = 7$ )	4 ( $n = 5$ )

## **Závislost aktivity na teplotě**

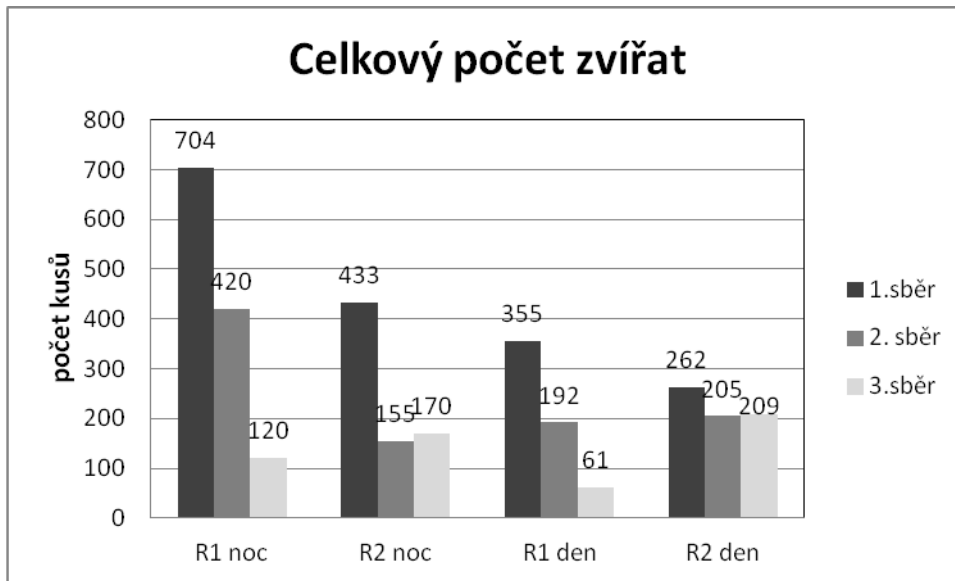
Během odběrů jsem pozorovala poměrně velkou variabilitu v teplotě vody u jednotlivých pastí. Při 1. odběru se večerní teplota vody na rybníku Rahovec pohybovala mezi 18,4–25,6 °C, ráno mezi 15,6–20,1 °C. Nejvyšší teplota byla u pasti č. 8, která byla položena na okraji tůňky s nepříliš hustou vegetací kolem. Na rybníku Horní farský se teplota vody při 1. odběru večer pohybovala mezi 18,2–23,5 °C, ráno 15,5–20,6 °C. Z výsledků nevyplývají žádné velké odchylky od teploty pastí položených u břehu a pastí položených ve větší vzdálenosti od břehu.

Při 2. odběru na rybníku Rahovec se večerní teplota vody pohybovala mezi 16,4–24,2 °C, ranní teplota vody 12,1–20,6 °C. Nízká teplota vody byla u pastí položených v husté vegetaci položených dále od břehu. Na rybníku Horní farský byla naměřena ranní teplota 13–23,4 °C. Past, u které byla naměřena nejnižší teplota, byla položena u břehu v rohu rybníka, past s nejvyšší teplotou byla umístěna přibližně 13 m od břehu. Večerní teplota se pohybovala mezi 18,2–24,1 °C.

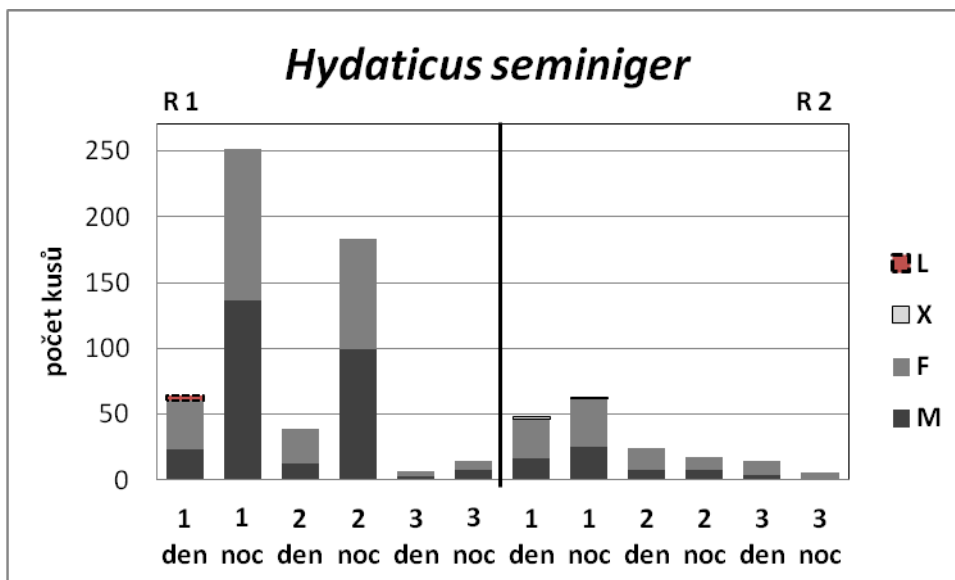
Rybník Rahovec měl při 3. odběru nejnižší teplotu při ranním sběru 9,3 °C a nejvyšší 15,8 °C. Nejnižší teplotu ukazovalo měření u pasti č. 3, která byla položena v mělké vodě v bohatém porostu, nejvyšší teplota byla u pasti č. 8 na okraji tůňky s nepříliš bohatou vegetací. Večerní sběr ukazoval nejnižší naměřenou teplotu 14,5 °C a nejvyšší 17,9 °C. U rybníka Horní farský nebyly při 3. odběru velké odchylky teploty mezi ranní (10,7–19,7 °C) a večerní (14,8–19,7 °C) teplotou.

Při 1. a 2. odběru na rybníku Rahovec bylo nejvíce jedinců aktivních při průměrné teplotě pod 20 °C, počet odchycených jedinců se vzrůstající teplotou nepatrně klesal. Při 3. odběru bylo nejvíce jedinců chyceno při průměrné teplotě kolem 15 °C, počet jedinců se vzrůstající teplotou opět klesal. Na rybníku Horní farský při 1. odběru bylo chyceno nejvíce jedinců při průměrné teplotě pod 20 °C, jejichž aktivita se vzrůstající teplotou klesala. Při 2. odběru bylo opět nejvíce jedinců odchyceno při průměrné teplotě pod 20 °C, nyní se však aktivita jedinců se vzrůstající teplotou zvyšovala. Při 3. odběru bylo nejvíce jedinců chyceno při průměrné teplotě kolem 16 °C, se vzrůstající teplotou se zvyšoval i počet jedinců. Vliv teploty na aktivitu potápníků na rybníku Rahovec a Horní farský při jednotlivých odběrech je uveden na obr. č. 17–22. Vzhledem k vypočteným hodnotám korelačního koeficientu lze usoudit, že teplota nehraje v rozdílech mezi úlovky jednotlivých pastí s výjimkou 1. odběru na rybníku Horní farský žádnou významnou úlohu.

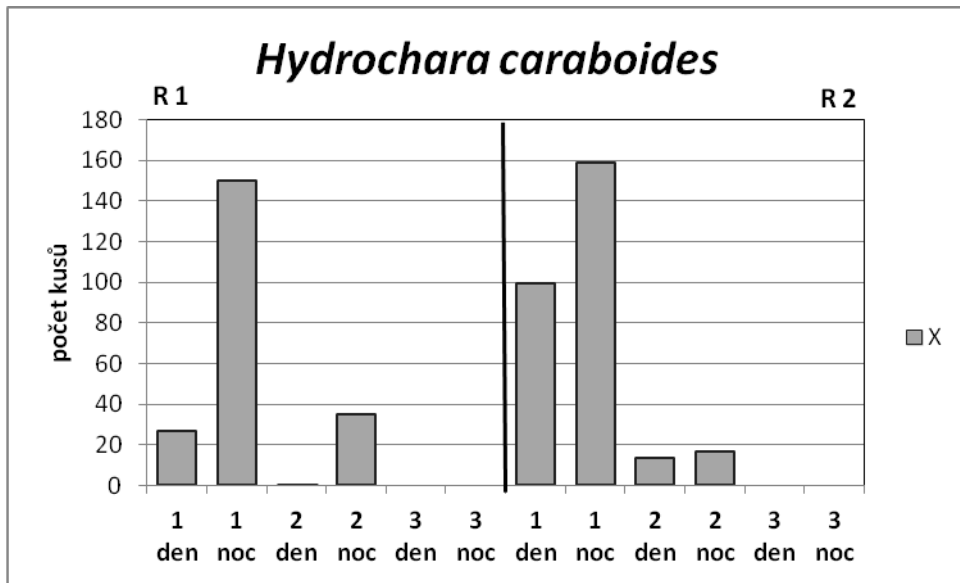
**Obrázek č. 3** Srovnání denních a nočních odchyťů na obou rybnících. R1 = rybník Rahovec, R2 = rybník Horní farský. Čísla nad sloupci udávají celkový počet jedinců.



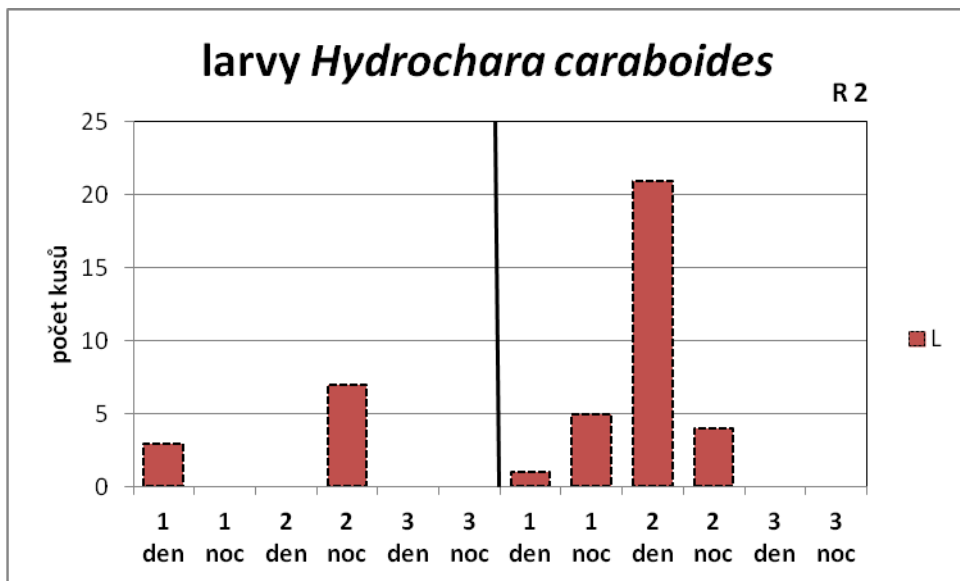
**Obrázek č. 4** Znázornění denních a nočních úlovků druhu *Hydaticus seminiger* na obou rybnících. R1 = rybník Rahovec (levá část obrázku), R2 = rybník Horní farský (pravá část obrázku). **M** = samec, **F** = samice, **X** = dospělý jedinec neurčeného pohlaví, **L** = larva; Čísla udávají pořadí sběru v sezóně.



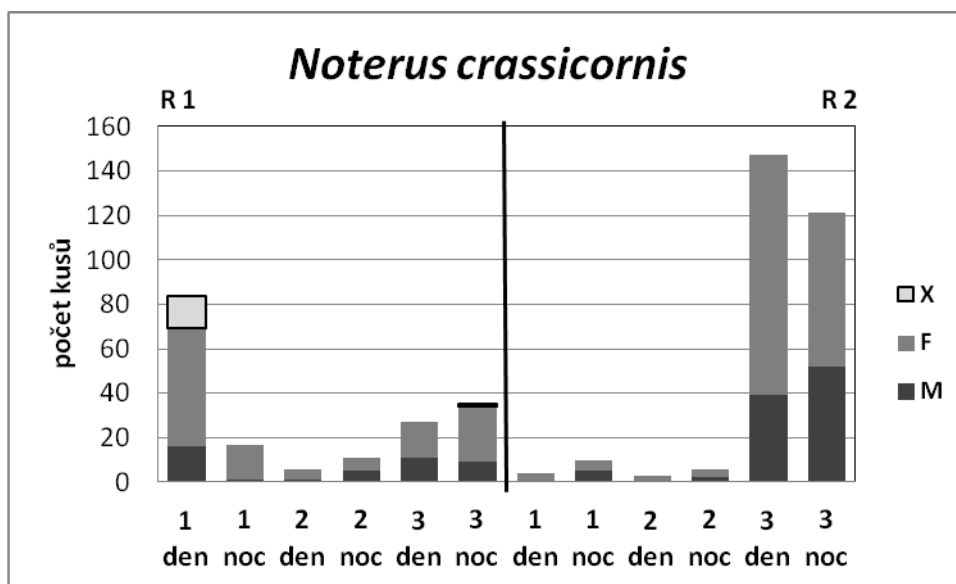
**Obrázek č. 5** Znárodnění denních a nočních úlovků druhu *Hydrochara caraboides* na obou rybnících. Vysvětlivky viz obrázek č. 4



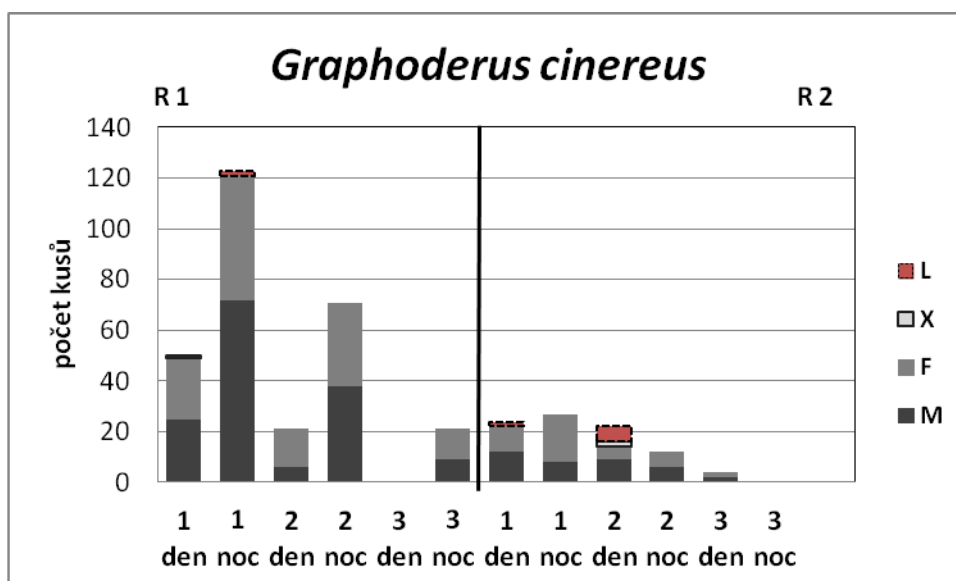
**Obrázek č. 6** Znárodnění denních a nočních úlovků larvy druhu *Hydrochara caraboides* na obou rybnících. Vysvětlivky viz obrázek č. 4



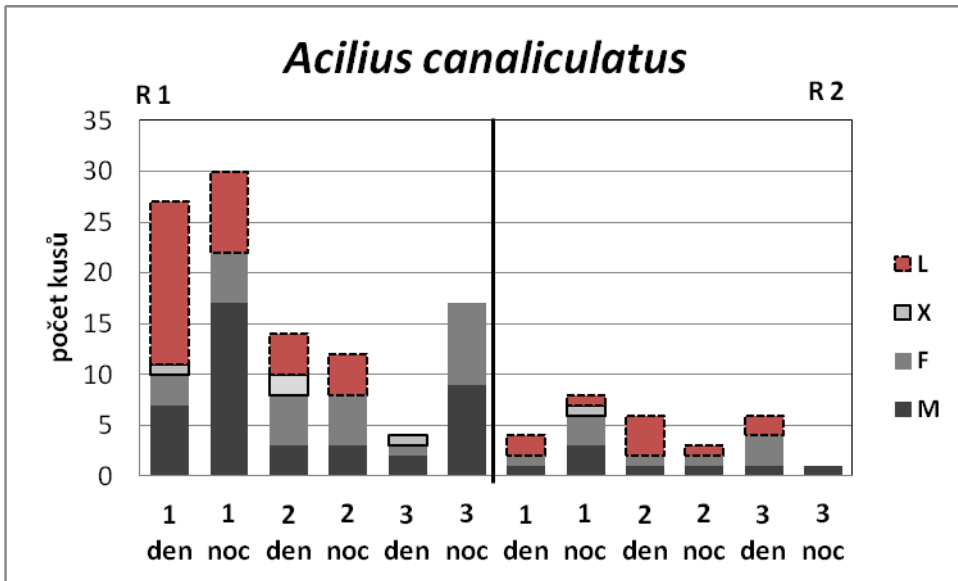
**Obrázek č. 7** Znárodnění denních a nočních úlovků druhu *Noterus crassicornis* na obou rybnících. Vysvětlivky viz obrázek č. 4



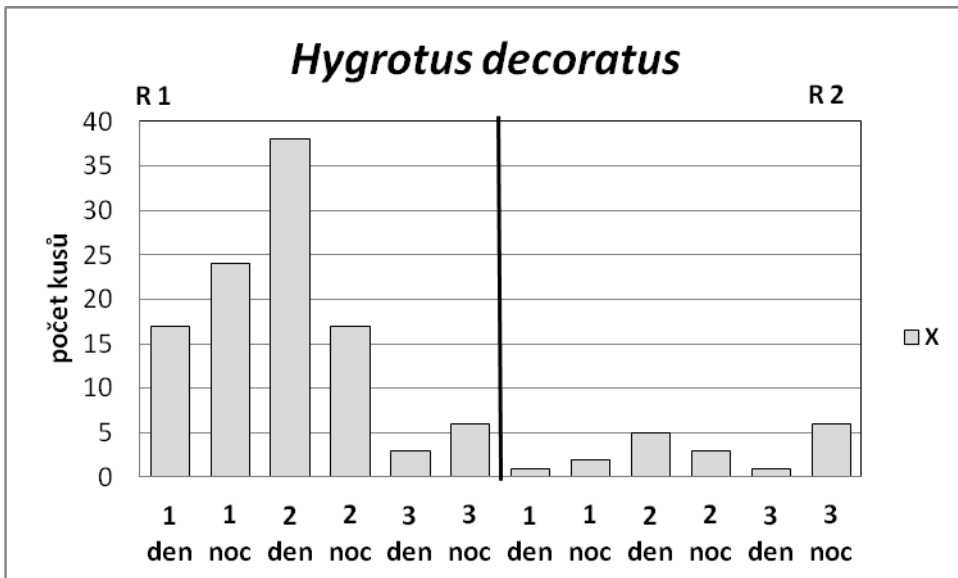
**Obrázek č. 8** Znárodnění denních a nočních úlovků druhu *Graphoderus cinereus* na obou rybnících. Vysvětlivky viz obrázek č. 4



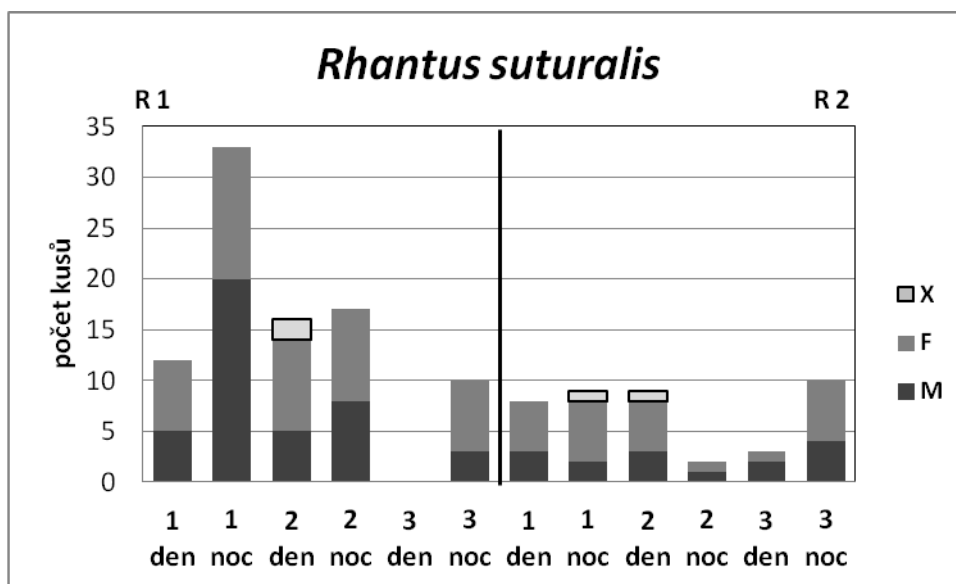
**Obrázek č. 9** Znáznornění denních a nočních úlovků druhu *Acilius canaliculatus* na obou rybnících. Vysvětlivky viz obrázek č. 4



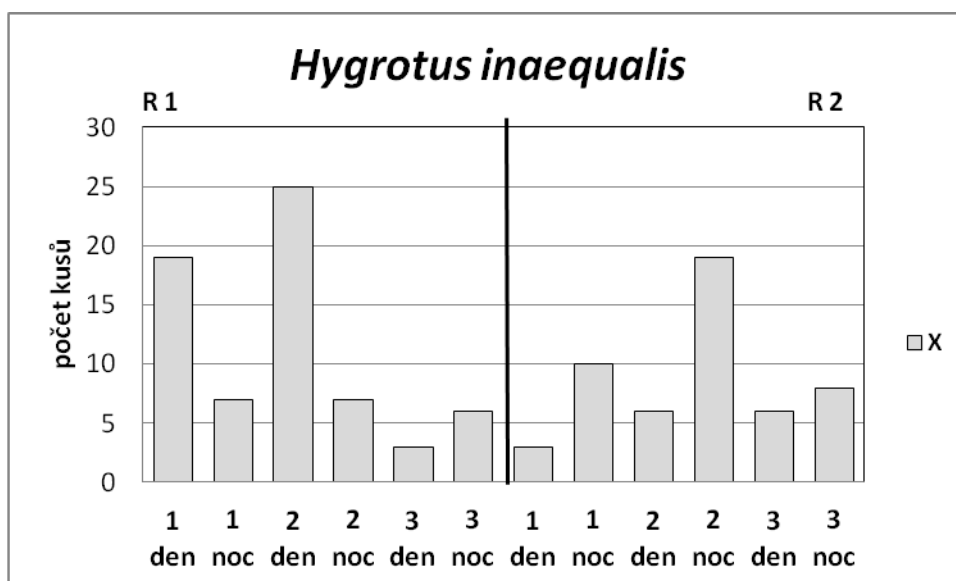
**Obrázek č. 10** Znáznornění denních a nočních úlovků druhu *Hygrotus decoratus* na obou rybnících. Vysvětlivky viz obrázek č. 4



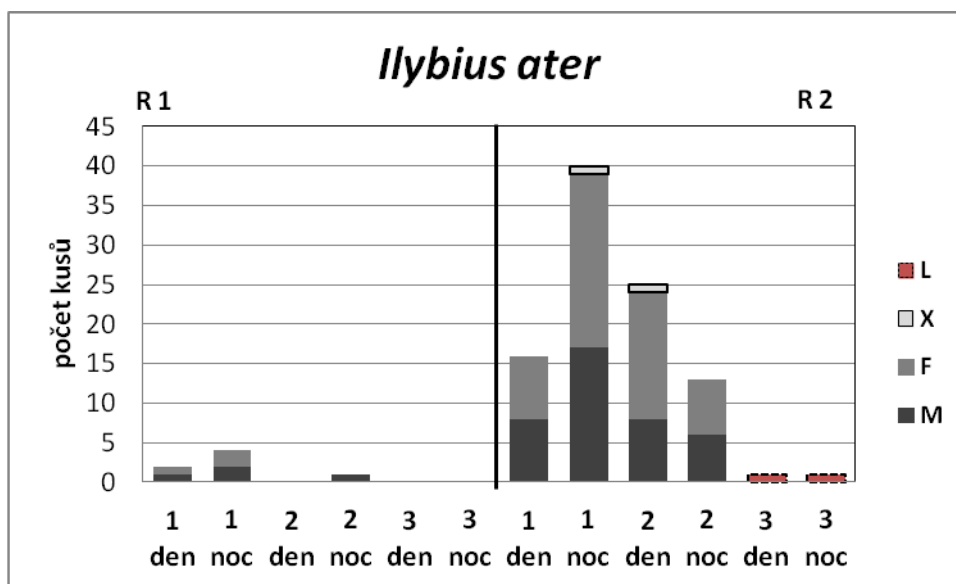
**Obrázek č. 11** Znárodnění denních a nočních úlovků druhu *Rhantus suturalis* na obou rybnících. Vysvětlivky viz obrázek č. 4



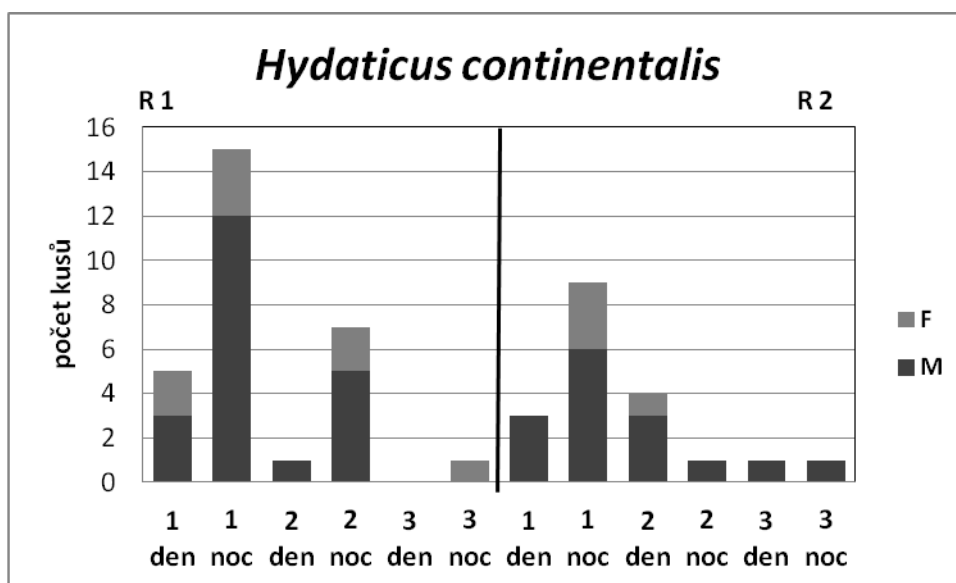
**Obrázek č. 12** Znárodnění denních a nočních úlovků druhu *Hygrotus inaequalis* na obou rybnících. Vysvětlivky viz obrázek č. 4



**Obrázek č. 13** Znárodnění denních a nočních úlovků druhu *Ilybius ater* na obou rybnících. Vysvětlivky viz obrázek č. 4.

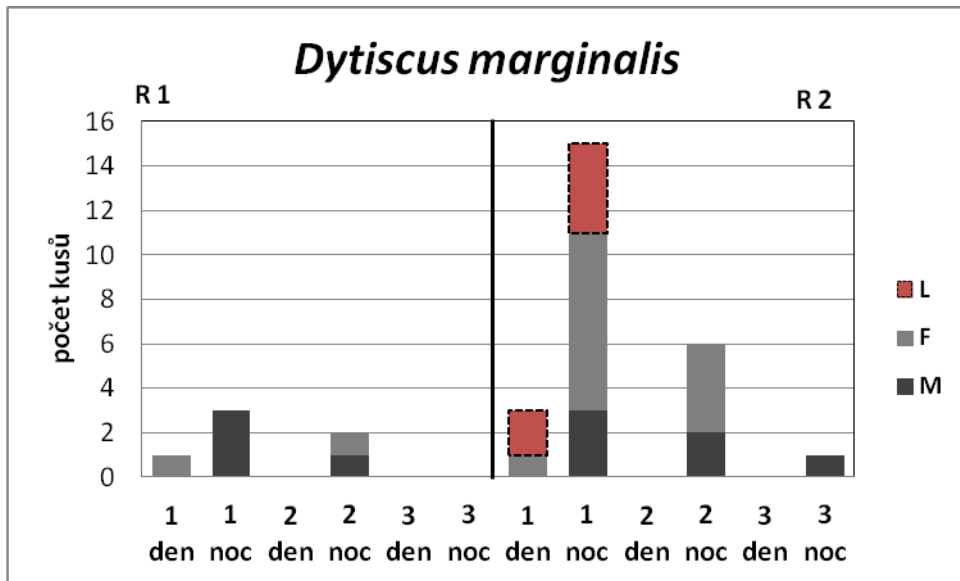


**Obrázek č. 14** Znárodnění denních a nočních úlovků druhu *Hydaticus continentalis* na obou rybnících. Vysvětlivky viz obrázek č. 4

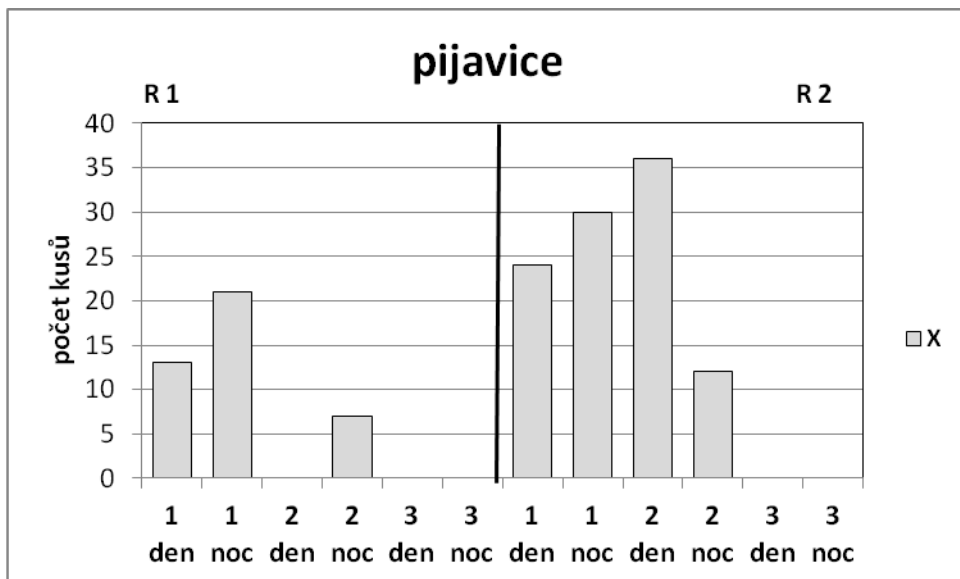




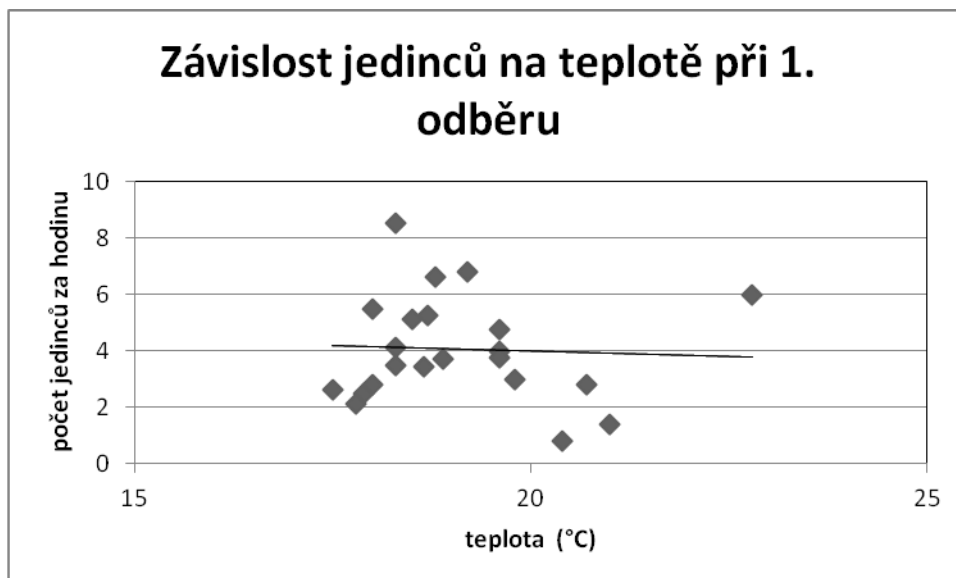
**Obrázek č. 15** Znázornění denních a nočních úlovků druhu *Dytiscus marginalis* na obou rybnících. Vysvětlivky viz obrázek č. 4



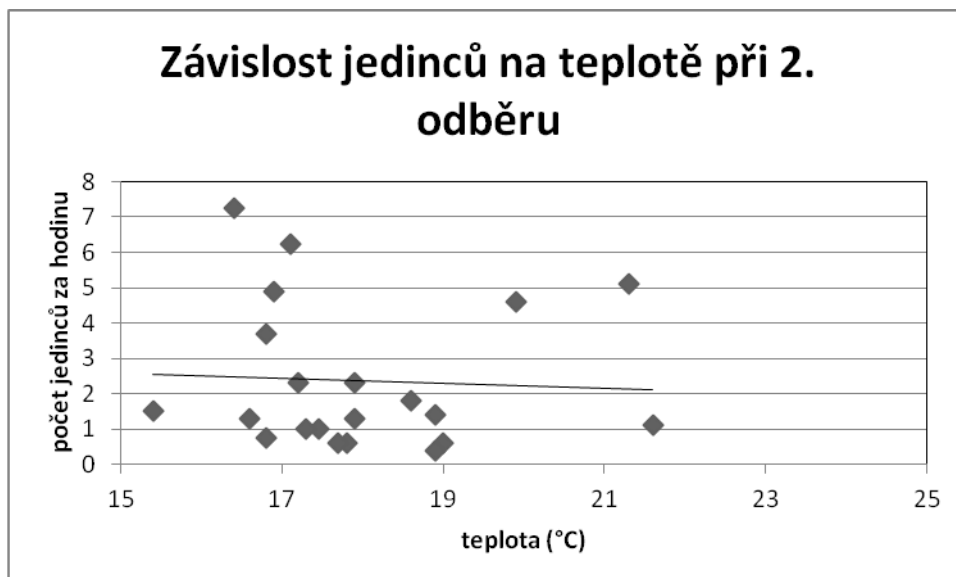
**Obrázek č. 16** Znázornění denních a nočních úlovků pijavky koňské (*Haemopis sanguisuga*) na obou rybnících. Vysvětlivky viz obrázek č. 4



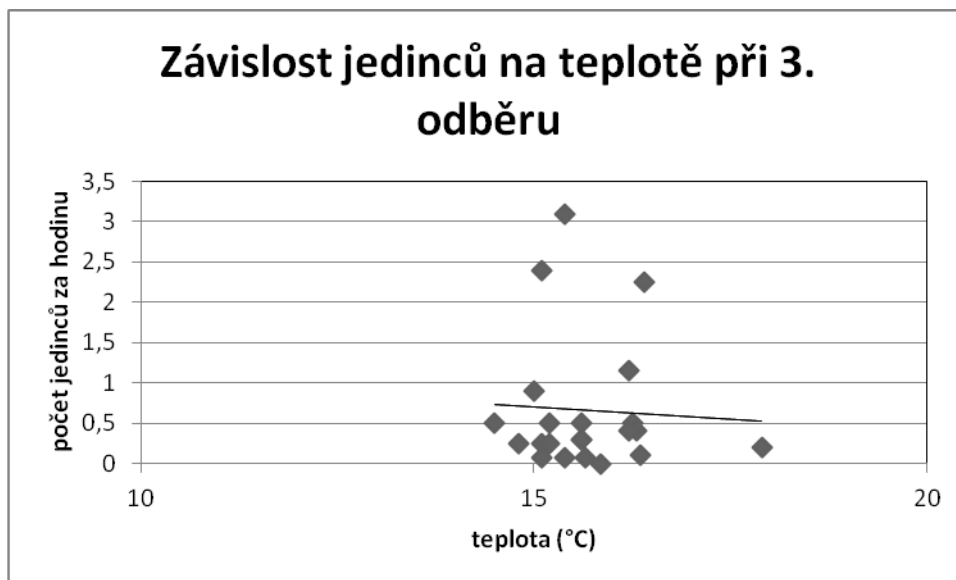
**Obr. č. 17** Vliv teploty na aktivitu potápníků při 1. odběru na rybníku Rahovec. Body = jednotlivé pasti. Teplota vyjadřuje průměrnou hodnotu na začátku a konci odchyty. Rovnice regresní přímky:  $y = -0,075x + 5,5$ ;  $R^2 = 0,003$ .



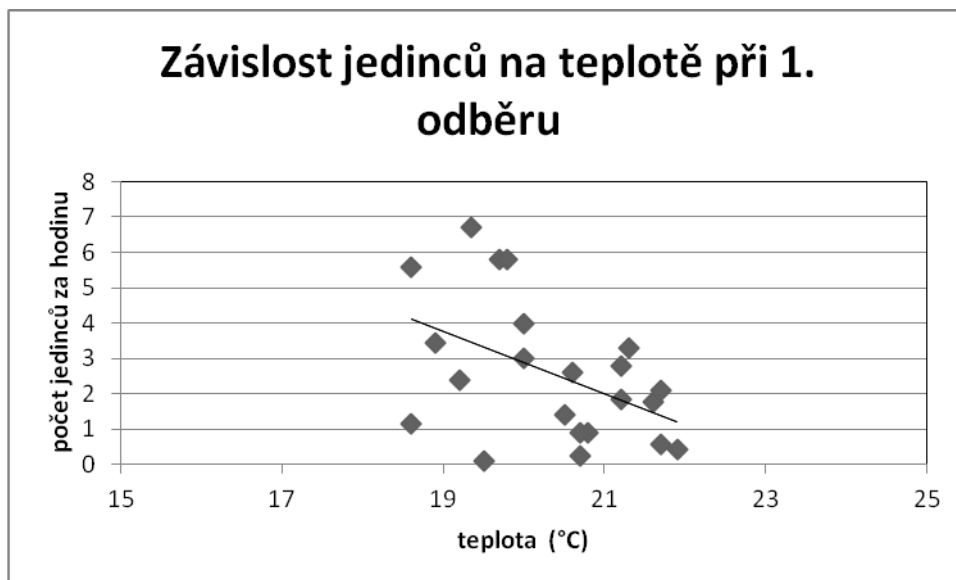
**Obr. č. 18** Vliv teploty na aktivitu potápníků při 2. odběru na rybníku Rahovec. Body = jednotlivé pasti. Teplota vyjadřuje průměrnou hodnotu na začátku a konci odchyty. Rovnice regresní přímky:  $y = -0,068x + 3,6$ ;  $R^2 = 0,003$ .



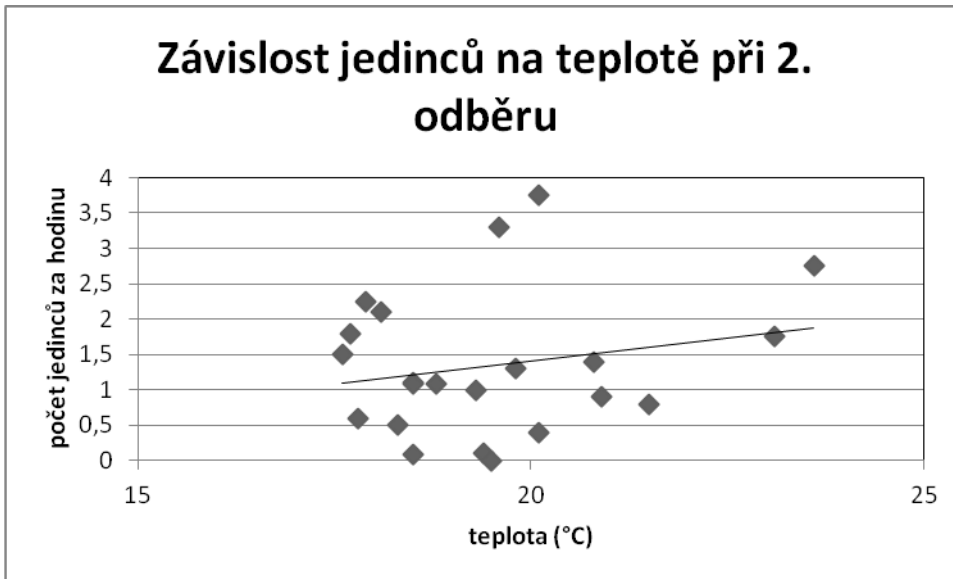
**Obr. č. 19** Vliv teploty na aktivitu potápníků při 3. odběru na rybníku Rahovec. Body = jednotlivé pasti. Teplota vyjadřuje průměrnou hodnotu na začátku a konci odchyty. Rovnice regresní přímky:  $y = -0,061x + 1,6$ ;  $R^2 = 0,003$ .



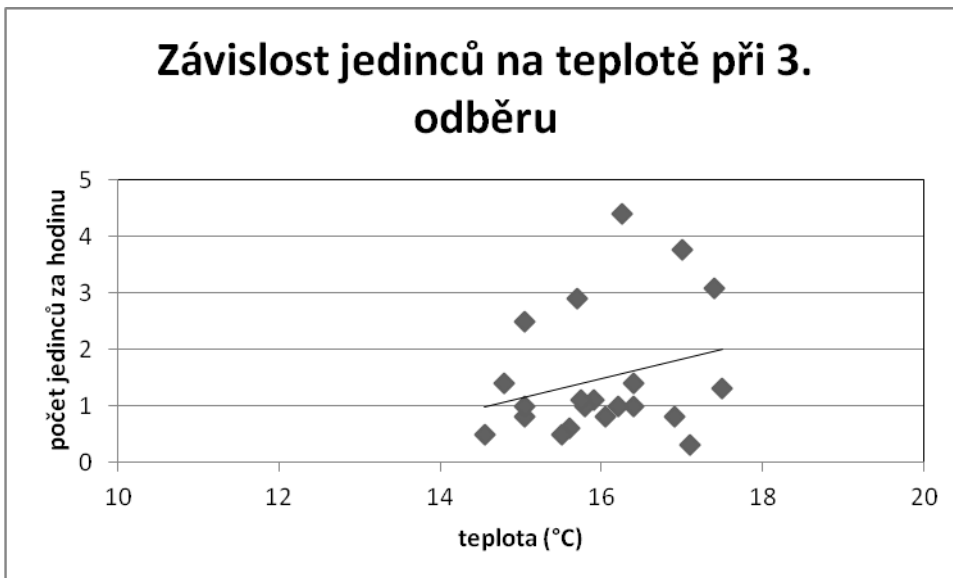
**Obr. č. 20** Vliv teploty na aktivitu potápníků při 1. odběru na rybníku Horní farský. Body = jednotlivé pasti. Teplota vyjadřuje průměrnou hodnotu na začátku a konci odchyty. Rovnice regresní přímky:  $y = -0,089x + 20,6$ ;  $R^2 = 0,22$ .



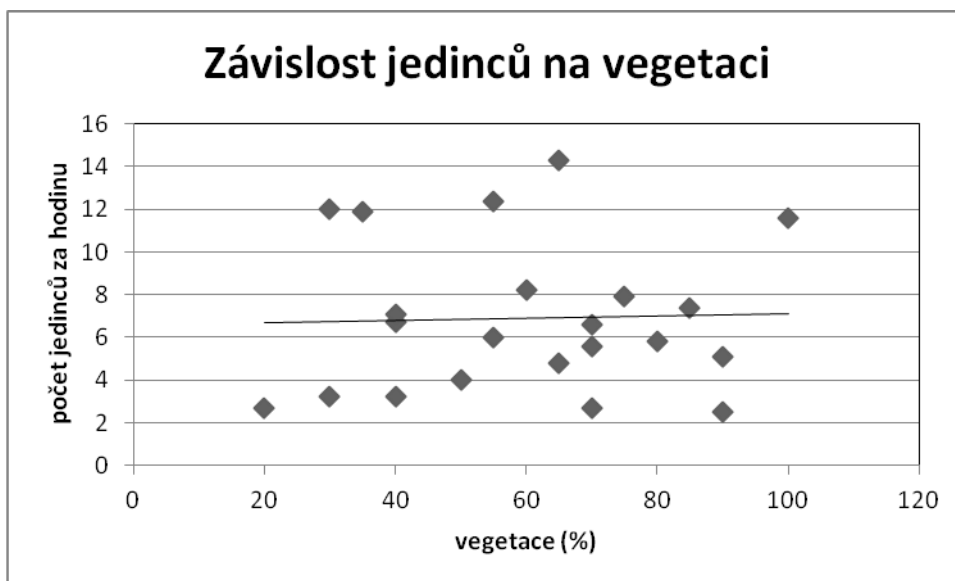
**Obr. č. 21** Vliv teploty na aktivitu potápníků při 2. odběru na rybníku Horní farský. Body = jednotlivé pasti. Teplota vyjadřuje průměrnou hodnotu na začátku a konci odchytu. Rovnice regresní přímky:  $y = 0,12x - 1,2$ ;  $R^2 = 0,05$ .



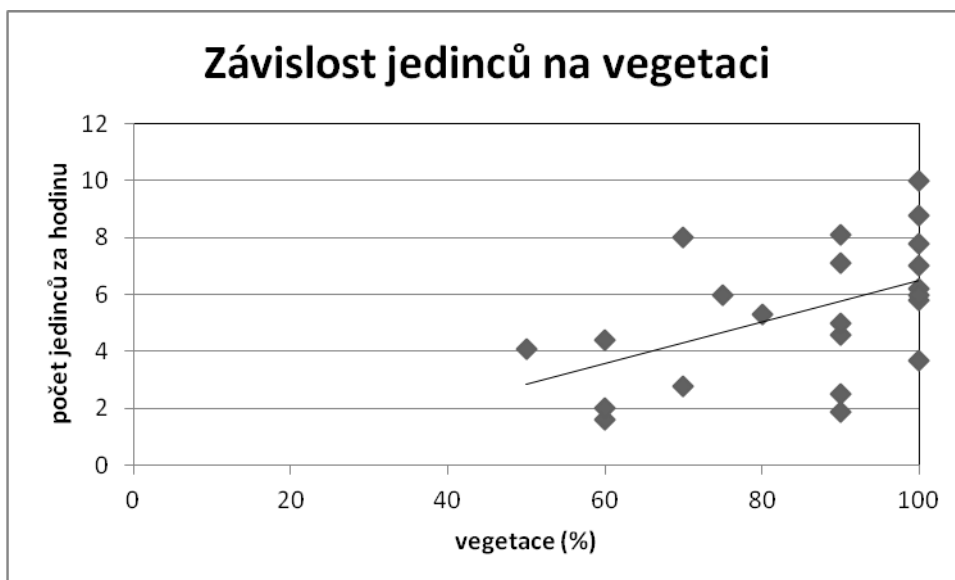
**Obr. č. 22** Vliv teploty na aktivitu potápníků při 3. odběru na rybníku Horní farský. Body = jednotlivé pasti. Teplota vyjadřuje průměrnou hodnotu na začátku a konci odchytu. Rovnice regresní přímky:  $y = 0,35x - 4,0$ ;  $R^2 = 0,07$ .



**Obr. č. 23** Znárodnění závislosti jedinců na celkové pokravnosti lokální vegetace v místě pasti na rybníku Rahovec. Body = jednotlivé pasti. Rovnice regresní přímky:  $y = 0,005x + 6,6$ ;  $R^2 = 0,001$ .



**Obr. č. 24** Znárodnění závislosti jedinců na celkové pokravnosti lokální vegetace v místě pasti na rybníku Horní farský. Body = jednotlivé pasti. Rovnice regresní přímky:  $y = 0,073x - 0,8$ ;  $R^2 = 0,25$ .



## 5. DISKUSE

Cílem mé práce bylo studovat aktivitu potápníků v čase a prostoru a srovnat výsledky mého terénního experimentu dosavadními znalostmi. Za nejdůležitější faktory mající vliv na aktivitu potápníků v čase a prostoru se považují predace a strukturální složitost, stáří, zastínění a stav stanoviště. Jejich aktivitu zřejmě ovlivňují cirkadiánní rytmy i podmínky vnějšího prostředí, jako teplota, srážky a povětrnostní podmínky.

### Aktivita jedinců

V souladu s předchozími pozorováními potápníkovitých brouků na jiných lokalitách (např. Klečka, 2008) jsem pozorovala výraznou sezónní dynamiku. Nejvyšší abundance brouků v pastech byla při 1. odběru (7.-9. června). Při 2. odběru (27.-29. června) se počet snížil a nejméně jedinců jsem dle očekávání pozorovala při podzimním odběru (13.-15. září).

Za nejvyšší početnost brouků chycených na jaře by mohla zodpovídat akustická komunikace během rozmnožování, kdy jedinci lákají další jedince stejného druhu a mohou je tak přilákat i do pastí (Aiken, 1985 & Smith, 1973). Brouci jsou v tomto období navíc nejvíce aktivní. Nízký počet brouků chycených při posledním podzimním odběru může být způsoben nízkou aktivitou brouků v tomto období způsobený snižující se teplotou prostředí a přípravou k přezimování spojenou se snížením příjmu potravy.

Brancucci (1978) předpokládá primárně noční nebo zcela noční aktivitu u rodů *Agabetes*, *Agabus*, *Dytiscus*, *Hydaticus*, *Ilybius*, *Laccornis* a *Matus*. Dle Holomuzkiho (1985a,b) se vyskytuje noční chování u rodů *Agabus* a *Dytiscus*. Při odběrech jsem chytila 3 druhy potápníků rodu *Dytiscus*, nicméně dva z nich (*D. circumcinctus* a *D. circumflexus*) se vyskytovaly jen ve velmi nízkém počtu. U druhu *D. marginalis* mé výsledky potvrzují vyšší aktivitu v noci. U druhu *Hydaticus seminiger*, který patřil mezi nejčastější druhy při odběru, druhu *Hydaticus continentalis* a zástupců rodu *Ilybius* též převažuje dle mých výsledků noční aktivita.

### Rozšíření jedinců

Aiken (1985) a Smith (1973) také poukazují na možnost detekce shlukovitého rozšíření jedinců v prostoru. Pozorovali více jedinců stejného druhu v jedné pastí, i když v ostatních, blízko položených pastech se tyto druhy nevyskytovaly. Případy, kdy se

v jedné pasti vyskytovalo více jedinců různého pohlaví než v ostatních blízkých pastech, nastaly i v mém experimentu, hlavně u nejhojnějšího druhu *Hydaticus seminiger*. Například v pastech č. 17 a 18 na rybníku Rahovec byla vysoká abundance jedinců *H. seminiger*, ale v dalších dvou nejbližších pastech se nevyskytoval žádný jedinec.

Zajímavé jsou rozdíly výskytu jednoho druhu brouka v jednotlivých rybnících. Dle nejrůznějších autorů je seskupování a diverzita ovlivněna především stálostí, zastíněním a věkem stanovišť (Larson 1985, Eyre et al., 1992, Collinson et al., 1995, Wellborn et al., 1996). Starší mokřady jsou často strukturně složitější a mají více habitatů než mladé, což vede k větší druhové rozmanitosti (Ranta, 1985, Friday, 1987). Poznatek, že každý druh preferuje jiná stanoviště, dokazuje například *Ilybius ater*, který se vyskytoval ve větší míře v rybníku Horní farský.

Pozorovala jsem také o něco chudší společenstvo v porovnání s výsledky předchozí studie provedené na společenstvu potápníků mokřadu Černiš a přilehlých Vrbenských rybníků na severozápadním okraji Českých Budějovic (Klečka, 2008). Některé hojně druhy potápníků zjištěné na Vrbenských rybnících jsem v rámci svého průzkumu vůbec nezaznamenala, přestože obě lokality dělí vzdálenost jen asi 10 km. Mezi tyto druhy patřily například *Agabus congener*, *Hydroporus neglectus* a *Ilybius subtilis*, které jsou víceméně vázané na zachovalejší mokřadní biotopy. Naopak dominantní euryekní druhy potápníků zjištěné na Vrbenských rybnících (*Acilius canaliculatus* a *Hydaticus seminiger*) byly velmi hojné i na rybnících Rahovec a Horní farský. Mezi faunisticky zajímavé druhy nalezené v rámci mého průzkumu patří zejména potápník *Hydaticus aruspex*, který vyhledává menší nádrže s rašelinnými okraji a mokřady (nalezený na obou rybnících) a jeden kus vodomila černošklého *Hydrophilus aterrimus*, vyskytující se v pásmech slunných litorálů (nalezený na rybníku Rahovec).

Dospělí potápníci mají schopnost létat. Mohou tedy přelétávat mezi jednotlivými rybníky, což mohlo ovlivnit výskyt jednotlivých druhů na rybnících. Jelikož jsem letovou aktivitu potápníků nepozorovala, nemohu posoudit přelétavost jednotlivých druhů potápníků. Vzhledem k tomu, že rybníky, na nichž se pokusy prováděly, jsou nedaleko od sebe (cca 300 m), je přesun jedinců mezi oběma rybníky pravděpodobný.

Dodson et al. (1994) se domnívá, že dospělí potápníci si vybírají habitaty pomocí chemických signálů k určení přítomnosti ryb. Dle dalších publikací potápníci preferují rybníky a jezera bez ryb, nebo se vyhýbají prostředí, kde je ryb hodně

(Eriksson, 1979, Stenson, 1979, Larson, 1990, Wagner, 1997). Toto tvrzení nemohu zcela potvrdit, neboť v rybníku Rahovec byli nasazeni kapři Koi, kteří se často vyskytovali poblíž některých pastí, což napovídá, že potápníci se rybníkům s výskytem ryb zcela nevyhýbají.

### **Početnost pohlaví**

Celkový poměr pohlaví na rybníku Rahovec vyjádřený jako počet samců na jednu samici byl 0,9 ( $n = 1288$ ), na rybníku Horní farský 0,7 ( $n = 833$ ). U jednotlivých rybníků tedy nebyl příliš velký rozdíl v aktivitě určitého pohlaví. S určitostí bylo chyceno více samic u těchto často se vyskytujících druhů: *Hydaticus seminiger*, *Ilybius ater*, *Noterus crassicornis*, *Rhantus suturalis* a *Dytiscus marginalis*. Naproti tomu výrazně více samců bylo chyceno u těchto druhů: *Hydaticus continentalis*, *Acilius canaliculatus* a *Graphoderus cinereus*.

### **Vliv vegetace a abiotických faktorů**

Rybníky se od sebe lišily vegetací. V rybníku Rahovec nebyla abundance jedinců hustotou vegetace viditelně ovlivněna, zatímco na rybníku Horní farský byla vyšší abundance jedinců v pastech s okolní hustou vegetací. Tyto odlišnosti ve vztahu jedinců k vegetaci by mohl způsobovat například odlišný druh vegetace.

Při rozboru vody byl zjištěn různý obsah kyslíku ve volné vodě v obou rybnících. Rahovec bohatý na ostřici (*Carex* sp.) a rákosí (*Phragmites* sp.), obsahoval při kontrolním měření dne 14. 10. 2011 ve volné vodě 8,4 mg.l<sup>-1</sup> kyslíku, zatímco rybník Horní farský s převládajícím porostem zblochanu (*Glyceria* sp.) jen 2,6 mg.l<sup>-1</sup>. Tento výrazný rozdíl by neměl mít vliv na abundanci potápníků, neboť ti dýchají vzdušný kyslík, ale může ovlivňovat jiné druhy, které jsou pro potápníky potravou.

### **Vliv lovné metody**

Hilsenhoff (1987) uvedl rozdíly mezi chytáním větších a menších brouků. Dle jeho názoru je účinnější chytat větší potápníky pomocí lahví, zatímco menší potápníci, např. z rodů *Desmopachria*, *Hydrovatus*, *Hygrotus*, *Liodessus* a *Uvarus* se lépe chytají pomocí sítí. Z těchto rodů jsem nachytala druhy *Hygrotus inaequalis*, *Hygrotus decoratus* a *Hygrotus impressopunctatus*, kteří představovali téměř 8 % celkového úlovku. To však nedokazuje kvalitní účinnost odchyty malých potápníků pomocí pastí



z lahví (Klečka, 2008). Vzhledem k tomu, že jsem neprováděla odchyt pomocí sítě, nemohla jsem početnost jedinců porovnat.

Do pastí z lahví může být chycena široká škála dalšího hmyzu, jako například vodomilové (čeleď Hydrophilidae), plavčící (čeleď Haliplidae), pijavice (Hirudinea) a mnoho dalších bezobratlých (Hilsenhoff, 1987). To potvrzují i mé výsledky, neboť v pastech byla nalézána řada vodomilů, zejména *Hydrochara caraboides*, plavčící a pijavky koňské (*Haemopsis sanguisuga*).

Pokládání a vybírání pastí nebylo často stihnuto v časovém intervalu synchronizovaném se stmíváním a rozetmíváním. Tato skutečnost by mohla mít vliv na nesprávnost určení denní aktivity potápníků.

Při porovnání teploty vody ranních/večerních odběrů mezi rybníky se zdá být průměrná vyšší teplota vody u rybníka Horní farský. To může být způsobeno větší exponovaností rybníka nebo pozdějším pokládáním a vybíráním pastí. U rybníka Rahovec mohlo mít vliv na teplotu vysoké husté rákosí. Při 3. odběru byla teplota vody v porovnání s prvními dvěma odběry chladnější, což odpovídá i teplotě vzduchu. Z výsledků není patrná rozdílnost teploty u pastí položených u břehu a u pastí položených ve volné vodě. Ze zjištěných dat se zdá, že na teplotě vody nezávisí počet odchycených jedinců.

## 6. Závěr

V této diplomové práci, jejímž cílem bylo zjistit zastoupení jednotlivých druhů potápníků v jednotlivých pastech a odběrových termínech na dvou rybnících, byly zjištěny následující poznatky:

- Potvrdila jsem typickou sezónní dynamiku s maximem výskytu většiny druhů v jarním období.
- Nejpočetnějšími druhy potápníků byli na obou rybnících *Hydaticus seminiger*, *Graphoderus cinereus*, *Acilius canaliculatus*, *Rhantus suturalis*, *Hygrotus decoratus*, *Hygrotus inaequalis* a *Ilybius ater*. Hojně se vyskytoval také vodomil *Hydrochara caraboides*, čluník *Noterus crassicornis* a ze zástupců dalších bezobratlých pijavka koňská (*Haemopsis sanguisuga*).
- Celkem u potápníků převažovala noční aktivita. Příkladem mohou být druhy *Dytiscus marginalis*, *Hydaticus seminiger*, *Hydaticus continentalis* a rod *Ilybius*.
- Vyšší abundance samic byla zjištěna na rybníku Rahovec i Horní farský.
- Vliv vegetace na rozmístění potápníků byl viditelný hlavně na rybníku Horní farský s rozsáhlými porosty zblochanu. Abundance jedinců byla vyšší v hustší vegetaci.

## 7. Seznam použité literatury

- Åbjörnsson, K., Wagner, B. M. A., Bjerselius, A. A. R., Olsén, K. H. (1997): Responses of *Acilius sulcatus* (Coleoptera: Dytiscidae) to chemical cues from perch (*Perca fluviatilis*). *Oecologia* 111: 166-171.
- Aiken, R. B. (1985): Sound production by aquatic insects. *Biol. Rev.* 60: 163-211.
- Alexander, J. E. Jr, Covich, A. P (1991): Predator avoidance by the freshwater snail *Physella virgata* in response to the crayfish *Procambarus simulans*. *Oecologia* 87: 435-442.
- Andersson K. G., Brönmark, C., Herrmann, J., Malmqvist, B., Otto, C., Sjöström, P. (1986): Presence of sculpins (*Cottus gobio*) reduces drift and activity of *Gammarus pulex* (Amphipoda). *Hydrobiologia* 133: 209-215.
- Appelberg, M., Söderbäck, B., Odelström, T. (1993): Predator detection of predation risk in the crayfish *Astacus astacus* L. *Nord J Freshwater Res* 68: 55–62.
- Aschoff, J. (1989): Temporal orientation: circadian clocks in animals and humans. *Anim. Behav.* 37: 881–896.
- Balke, M., Hendrich, L. (1987): Trapped! *The Balfour-Browne Club Newsletter*, 39: 9–10.
- Barrozo, R. B., Schilman, P. E., Minoli, S. A., Lazzari, C. R. (2004): Daily rhythms in disease-vector insects. *Biol. Rhythm Res.* 35: 79–92.
- Batzer, D. P., Wissinger, S. A. (1996): Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annual Review of Ecology and Systematics* 41: 75–100.
- Bazzanti, M., Baldoni, S., Seminara, M. (1996): Invertebrate macrofauna of a temporary pond in Central Italy: composition, community parameters and temporal succession. *Archiv für Hydrobiologie* 137: 77–94.

Bilton, D. T. (1994): The flight apparatus and flying ability of *Hydroporus glabriusculus* (Coleoptera, Dytiscidae), with a brief review of structural modifications in flightless beetles. *Entomologisk Tidskrift* 115: 23–32.

Bilton, D. T., Freeland, J. R., Okamura, B. (2001): Dispersal in freshwater invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 159–181

Blake, A., Hart, P. J. B. (1993): The behavioral responses of juvenile signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* to stimuli from perch and eels. *Freshwater Biol* 29: 89.

Boukal, M. (1997): Dosud známé lokality *Cercyon (Paracycreon) laminatus* a *Cryptopleurum subtile* v České a Slovenské republice a poznámky k ekologii těchto druhů (Coleoptera: Hydrophilidae: Sphaeridiinae). (The localities of *Cercyon (Paracycreon) laminatus* and *Cryptopleurum subtile* hitherto known in the Czech and Slovak Republic with remarks on their ecology (Coleoptera: Hydrophilidae: Sphaeridiinae)). *Klapalekiana*, 33: 143-149 (in Czech, English abstr.).

Boukal, D.S., Boukal, M., Fikáček, M., Hájek, J., Klečka, J., Skalický, S., Šťastný, J., Trávníček, D. (2007): Katalog vodních brouků České republiky. *Klapalekiana*, 43 (Suppl.): 1-289 (in Czech & English).

Boukal, D., Křivan, V. (2010): Zpráva o výsledcích monitoringu výskytu potápníka *Graphoderus bilineatus* (De Geer, 1774) na Třeboňsku v roce 2010. Závěrečná zpráva AOPK, nepublikovaný rukopis.

Brancucci, M. (1978): Methodes de capture des Coleopteres aquatiques. *Entomol. Gesellschaft Basel* 28: 7–12.

Collinson, N. H., Biggs, J., Corfield, A., Hodson, M. J., Walker, D., Whitfield, M., Williams P. J. (1995): Temporary and permanent ponds: an assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities. *Biological Conservation* 74: 125–133.

- Cook, R. E., Kennedy, J. H. (2000): Biology and energetics of *Tropisternum lateralis nimbatus* (Coleoptera: Hydrophilidae) in a Playa on the Southern High Plains of Texas. *Annals of the Entomological Society of America*, 93: 244–250.
- Corbet, S. P. (1980): *Biology of Odonata* Vol. 25: 189-217.
- Crowder, L. B., McCollum, E. W., Martin, T. H. (1998): Changing perspectives on food web interactions in lake littoral zones. In: Jeppesen, E., Sondergaard, M., Sondergaard, M., Christoffersen, K. (eds): *The structuring roles of submerged macrophytes in lakes*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 240–249.
- Crowl, T. A., Covich, A. P. (1994): Responses of a freshwater shrimp to chemical and tactile stimuli from a large decapod predator. *J North Am Benthol Soc* 13: 291.
- Dingle, H. (1996): *Migration: The biology of life on the move*. Oxford University Press, New York, USA.
- Dini, M. L., Carpenter, S. R. (1992): Fish predators, food availability and diel vertical migration in *Daphnia*. *Journal of Plankton Research* 14: 359–377.
- Dodson, S. I., Crowl, A. T., Peckarsky, B. L., Kats, L. B., Covich, A. P., Culp, J. M. (1994): Non-visual communication in freshwater benthos: an overview. *J North Am Benthol Soc* 13: 268.
- Eriksson, M. O. G. (1979): Competition between freshwater fish and goldeneyes *Bucephala clangula* (L.) for common prey. *Oecologia* 41: 99.
- Eyre, M. D., Carr, R., McBlane, R. P., Foster, G. N. (1992): The effects of varying site-water duration on the distribution of water beetle assemblages, adults and larvae (Coleoptera: Haliplidae Dytiscidae, Hydrophilidae). *Archiv für Hydrobiologie* 124: 281–291.
- Fairchild, G. W., Faulds, A. M., Matta, J. F. (2000): Beetle assemblages in ponds: effects of habitat and site age. *Freshwater Biology*, 44: 523–534.
- Friday, L. E. (1987): The diversity of macroinvertebrate and macrophyte communities in ponds. *Freshwater Biology* 18: 87–104.

- Formanowicz, D. R. Jr., Bobka, M. S. (1989): Predation risk and microhabitat preference: an experimental study of the behavioral responses of prey and predator. *American Midland Naturalist* 121: 379–386.
- Foster, G. N., Foster, A. P., Eyre, M. D., Bilton, D. T. (1990): Classification of water beetle assemblages in arable fenland and ranking of sites in relation to conservation value. *Freshwater Biology* 22: 343–354.
- Gee, J. H. R., Smith, B. D., Lee, K. M., Griffiths, S. W. (1997): The ecological basis of freshwater pond management for biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 7: 91–104.
- Gergs, A., Hoeltzenbein, N. I., Ratte, H. T. (2010): *Behavioural Processes* 85: 151–156.
- Giebultowicz, J. M. (1999): Insect circadian clocks: is it all in their heads? *J. Insect Physiol.* 45: 791–800.
- Giguère, L. A., Dill, L. M. (1979): The predatory response of *Chaoborus* larvae to acoustic stimuli, and the acoustic characteristics of their prey. *Z. Tierpsychol.* 50: 113–123.
- Gunzburger, M. S., Travis, J. (2004): Evaluating predation pressure on green treefrog larvae across a habitat gradient. *Oecologia*, 140: 422–429.
- Hamilton, W. D., May, R. M. (1977): Dispersal in stable habitats. *Nature* 269: 578–581
- Hampton, S. E. (2004): Habitat overlap of enemies: temporal patterns and the role of spatial complexity. *Oecologia* 138: 475–484.
- Hawking, F. (1975): Circadian and other rhythms of parasites. *Adv. Parasitol.*, 13: 123–182.
- Heck, K. L. J., Crowder, L. B. (1991): Habitat structure and predator-prey interactions in vegetated aquatic systems. In Bell, S. S., E. D. McCoy & H. R. Mushinsky (eds), *Habitat Structure: the Physical Arrangement of Objects in Space*. Chapman and Hall, London: 281–299.

- Hilsenhoff, L. W. (1987): Effectiveness of bottle traps for collecting Dytiscidae (Coleoptera). *The Coleopterists Bulletin*, 41: 377-380.
- Hodgson, E. S. (1953): A study of chemoreception in aqueous and gas phases. *Biol Bull* 105: 115–127.
- Holomuzki, J. R. (1985): a. Diel movement of adult *Agabus disintegratus* Crotch (Coleoptera: Dytiscidae). *Coleopt. Bull.* 39:158-160. 1985b. Life history aspects of the predaceous diving beetle, *Dytiscus dauricus* (Gebler), in Arizona. *Southwestern Naturalist* 30: 485–490.
- Holomuzki, J. R., Short, T. M. (1988): Habitat use and fish avoidance behaviors by the stream dwelling isopod *Lirceus fontinalis*. *Oikos* 52: 79–86.
- Jackson, D. J. (1952): Observations on the capacity for flight of water beetles. *Proceedings of Royal Entomological Society of London (A)* 27: 57–70.
- Jackson, D. J. (1956): a. The capacity for flight of certain water beetles and its bearing on their origin in the western scottish isles. *Proceedings of the Linnean Society of London* 167: 76–96.
- Jackson, D. J. (1956): b. Observations on flying and flightless water Beetles. *Journal of the Linnean Society of London/Zoology* 43: 18–42.
- Jackson, D. J. (1956): Observations on flying and flightless water beetles. *Journal of the Linnaean Society of London* 43: 18–42.
- Jackson, D. J. (1973): The influence of flight capacity on the distribution of aquatic Coleoptera in Fife and Kinrossshire. *Entomologist's Gazette* 24: 247–293.
- Jäch, M. A. (1997): Daytime swarming of rheophilic water beetles in Austria (Coleoptera: Elmidae, Hydraenidae, Haliplidae). *Latissimus* 9: 10-11.
- Jamieson, G. S., Scudder, G. G. E. (1979): Predation in *Gerris* (Hemiptera): Reactive distances and locomotion rates. *Oecologia* 44: 13-20.

Janssen, A., Sabelis, M. W., Magalhaes, S., Montserrat, M., Van der Hammen, T. (2007): Habitat structure affects intraguild predation. *Ecology* 88: 2713–2719.

Johnson, C. G. (1969): Migration and dispersal of insects by flight. Methuen, London, 763.

Kehl, S., Dettner, K. (2003): Predation by pioneer water Beetles (Coleoptera: Dytiscidae) from sandpit ponds, based on crop-content analysis and laboratory experiments. *Archives Hydrobiologia* 158: 109–126.

Klečka J. (2007): Vodní brouci (Coleoptera) a ploštice (Heteroptera) Velkého Hajského rybníka u Dubného. [Water beetles (Coleoptera) and bugs (Heteroptera) of the Velký Hajský rybník pond near Dubné (South Bohemia).] *Sborník Jihočeského Muzea v Č. Budějovicích - Přírodní Vědy* 47: 161-165. (In Czech, English summary).

Klečka J. (2008): The structure and dynamics of a water beetle community in a semipermanent wetland (Vrbenské rybníky Nature Reserve, South Bohemia). BSc. Thesis, in English – 63 pp., Faculty of Science, The university of South Bohemia.

Klečka, J., Boukal, D. S. (2011): Lazy ecologist's guide to water beetle diversity: Which sampling methods are the best? *Ecological Indicators* 11: 500–508.

Knight, T. M., McCoy, M. W., Chase, J. M., McCoy, K. A., Holt, R. D. (2005): Trophic cascades across ecosystems. *Nature*, 437: 880–883.

Kodada J., Jäch, M. A. (2005): 18.2. Elmidae Curtis, 1830, 471-496, 18.3. Dryopidae Bilberg, 1820 (1817), 496-508. In: Beutel, R. G. & Leschen, R. A. B. (eds.): *Handbook of zoology. A natural history of the phyla of the animal kingdom. Volume IV. Arthropoda: Insecta. Part 38. Coleoptera, Beetles. Volume 1: Morphology and systematics (Archostemata, Adephaga, Myxophaga, Polyphaga partim.)*. Walter de Gruyter, Berlin, New York, xi + 567.

Kovalak, W. P (1978b): On the feeding habits of *Phasganophora capitata* (Plecoptera: Perlidae). *Great Lakes Entomol.* 11: 45-49.

Krishnan, B., Dryer, S. E., Hardin, P. E. (1999): Circadian rhythms in olfactory



responses of *Drosophila melanogaster*. *Nature* 400: 375–378.

Kriska, G., Csabai, Z., Boda, P., Malik, P., Horváth, G. (2006): Why do red and dark-coloured cars lure aquatic insects? The attraction of water insects to car paintwork explained by reflection-polarization signals. *Proceedings of the Royal Society B*, 273: 1667-1671.

Lahring, H. (2003): *Water and Wetland Plants of the Prairie Provinces*. University of Regina, Regina.

Lang, H. H. (1980): Surface wave sensitivity of the backswimmer *Notonecta glauca*. *Naturwissenschaften* 67: 204–205.

Langellotto, G. A., Denno, R. F. (2004): Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. *Oecologia* 139: 1–10.

Larson, D. J. (1985): Structure in temperate predaceous diving beetle communities (Coleoptera: Dytiscidae). *Holarctic Ecology* 8: 18–32.

Larson, D. J. (1990): Odonate predation as a factor influencing dytiscid beetle distribution and community structure. *Quaest Entomol* 26: 151–162.

Larson, D. J., Alarie, Y., Roughley, R. E. (2000): *Predaceous Diving Beetles (Coleoptera: Dytiscidae) of the Nearctic Region*. NCR Research Press, Ottawa.

Layton, R. J., Voshell, J. R. Jr. (1991): Colonization of new experimental ponds by benthic macroinvertebrates. *Environmental Entomology* 20: 110–117.

Lazzari, C. R. (1992): Circadian organization of locomotion activity in the haematophagous bug *Triatoma infestans*. *J. Insect Physiol.* 38: 895–903.

Lazzari, C. R., Minoli, S. A., Barrozo, R. B. (2004): Chemical ecology of insect vectors: the neglected temporal dimension. *Trends Parasitol.* 20: 506–507.

Lazzari, C. R., Insausti, T. C., (2008): Circadian rhythms in insects, In: M.L. Fajul-Moles & R. Aguilar-Roblero (eds.) *Comparative aspects of circadian rhythms* 75-92.

- Lellák, J., Kubíček, F. (1992): *Hydrobiologie*. Karolinum, Praha, 257.
- Main, K. L. (1987): Predator avoidance in seagrass meadows: prey behavior, microhabitat selection, and cryptic coloration. *Ecology* 68: 170–180.
- Malmqvist, B. (1992): Stream grazer responses to predator odour: an experimental study. *Nord J Freshwater Res* 67: 27–34.
- Merritt, R. W, Cummins, K. W. (1978): An introduction to the aquatic insect of North America Includes index. Bibliography: 377–425.
- Migueluez, D., Valladares, L. F. (2008): Seasonal dispersal of water beetles (Coleoptera) in an agricultural landscape: a study using Moericke traps in northwest Spain. *Ann. soc. entomol. Fr. (n. s.)*, 44: 317–326.
- Möller, J. (1998): The “surfacing trap” – a novel method for trapping live water beetles and other aquatic animals. *Latissimus*, 10: 5–9.
- Nilsson, A. N., O. Söderström (1988): Larval consumption rates, interspecific predation, and local guild composition of egg-overwintering *Agabus* (Coleoptera, Dytiscidae) species in vernal ponds. *Oecologia* 76: 131–137.
- Nilsson, A. N., Svensson, B. W. (1994): Dytiscid predators and culicid prey in two boreal snowmelt pools differing in temperature and duration. *Annales Zoologici Fennici* 31: 365–376.
- Nilsson, A. N., Holmen, M. (1995): The Aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae. E. J. Brill, Leiden, The Netherlands.
- Nilsson, A. N., Svensson, B. W. (1995): Assemblages of dytiscid predators and culicid prey in relation to environmental factors in natural and clear-cut boreal swamp forest pools. *Hydrobiologia* 308: 183–196.
- Nilsson, A. N., Söderberg, H. (1996): Abundance and species richness patterns of diving beetles (Coleoptera, Dytiscidae) from exposed and protected sites in 98 northern Swedish lakes. *Hydrobiologia* 321: 83–88.

- Nilsson, A. N. (1997): On flying *Hydroporus* and the attraction of *H. incognitus* to red car roofs. *Latissimus* 9: 12–16.
- Ode, P. R., Wissinger, S. A. (1993): Interaction between chemical and tactile cues in mayfly detection of stoneflies. *Freshwater Biol* 30: 351–357.
- Page, T. L., Koelling, E. (2003): Circadian rhythm in olfactory response in the antennae controlled by the optic lobe in the cockroach. *J. Insect Physiol.* 49: 697–707.
- Palmer, M. (1981): Relationship between species richness of macrophytes and insects in some water bodies in the Norfolk Breckland. *Entomologist's Monthly Magazine* 117: 35–46.
- Peckarsky, B. L. (1979): Biological interactions as determinants of distributions of benthic invertebrates within the substrate of stony streams. *Limnology and Oceanography* 24: 59–68.
- Peckarsky B. L. (1982): Aquatic insect predator-prey relations. *BioScience* 32: 261–266.
- Persson, L., Eklov, P. (1995): Prey refuges affecting interactions between piscivorous perch and juvenile perch and roach. *Ecology* 76: 70–81.
- Phillips, D. W. (1978): Chemical mediation of invertebrate defensive behaviors and the ability to distinguish between foraging and inactive predators. *Mar Biol* 49: 237–243.
- Pittendrigh, C. S. (1974): Circadian oscillations in cells and the circadian organization of multicellular systems. In: Schmitt and Worden (Eds.), *The Neurosciences: Third Study Program*, Cambridge, Mass., MIT Press, 437–458.
- Pressier, E. L., Orrock, J. L., Schmitz, O. J. (2007): Predator hunting mode and habitat domain alter nonconsumptive effects in predator – prey interactions. *Ecology* 88: 2744–2751.
- Pritchard, G. (1965): prey capture by dragonfly larvae (Odonata; anisoptera) *Canadian Journal of Zoology*, 1965, 43(2): 271–289, 10.1139/z65-026.

- Pyza, E., Meinertzhagen, I. A. (1997): Circadian rhythms in screening pigment and invaginating organelles in photoreceptor terminals of the housefly's first optical neuropile. *J. Neurobiol.* 32: 517–529.
- Ranta, E. (1985): Communities of water-beetles in different kinds of waters in Finland. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 137: 33–45.
- Ringelberg, J. (1991): A mechanism of predator-mediated induction of diel vertical migration in *Daphnia hyalina*. *Journal of Plankton Research* 13: 83–89.
- Saunders, D. S., Steel, C. G. H., Vafopoulou, X., Lewis, R. D. (2002): *Insect Clocks*, third ed. Elsevier Science, Amsterdam.
- Scrimgeour, G. J., Culp, J. M., Cash, K. J. (1994): Antipredator responses of mayfly larvae to conspecific and predator stimuli. *J North Am Benthol Soc* 13: 299–309.
- Schmitz, O. J. (2005): Behavior of predators and prey and links with population level processes. In Barbosa, P. & I. Castellanos (eds), *Ecology of Predator – Prey Interactions*. Oxford University Press, Oxford: 256–278.
- Schwörbel, J. (1994): *Methoden der Hydrobiologie - Süßwasserbiologie*. 4., neubearbeitete Auflage. Serie UTB für Wissenschaft/Uni-Taschenbücher, 979. Gustav Fischer, Stuttgart, Jena, 368.
- Smith, R. L. (1973): Aspects of the biology of three species of the genus *Rhantus* (Coleoptera: Dytiscidae) with special reference to the acoustical behaviour of two. *Can. Entomol.* 105: 909–919.
- Southwood, T. R. E. (1962): Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat - *Biol. Rev.* 37: 171–241.
- Steel, C. G. H., Vafopoulou, X. (2002): Physiology of circadian systems. In: Saunders, Steel, Vafopoulou, & Lewis (Eds.) *Insect Clocks*, third ed. Elsevier Science, Amsterdam, 115–118.

- Stenson, J. A. E. (1979): Predator-prey relations between fish and invertebrate prey in some forest lakes. *Inst Freshwater Res Drottningholm* 58: 166–183.
- Stich, H. B., Lampert, W. (1981): Predator evasion as an explanation of diurnal vertical migration by zooplankton. *Nature* 293: 396–398.
- Tanoue, S., Krishnan, P., Krishnan, B., Dryer, S. E., Hardin, P. R. (2004): Circadian clocks in antennal neurons are necessary and sufficient for olfaction rhythms in *Drosophila*. *Current Biology* 14: 638–649.
- Thompson, D. J. (1978): The natural prey of larvae of the damselfly, *Ischnura elegant* (Odonata: Zygoptera). *Freshwater Biol.* 8: 377–384.
- Vamosi, J. C., Vamosi, S. M. (2007): Body size, rarity, and phylogenetic community structure: insights from diving beetle assemblages of Alberta. *Diversity and Distributions* 13: 1–10.
- Vondel, B. J. van (1997): Insecta: Coleoptera: Haliplidae, pp. 1-95. In: Vondel, B. J. van & Dettner, K.: Insecta: Coleoptera: Haliplidae, Noteridae, Hygrobiidae. Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Band 20/2, 3, 4. Gustav Fischer, Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm, 147.
- Warfe, D. M., Barmuta, L. A. (2004): Habitat structural complexity mediates the foraging success of multiple predator species. *Oecologia* 141: 171–178.
- Wagner, D. L., Lieberr, C. (1992): Flightlessness in insects. *Trends in Ecology and Evolution* 7: 216–220.
- Wagner, B. M. A. (1997): Influence of fish on the breeding of the red-necked grebe *Podiceps Grisegen* (Boddaeret, 1783). *Hydrobiologia*.
- Wellborn, G. A., Skelly, D. K., Werner, E. E (1996): Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 27: 337–63.

Williams, D. D., Moore, K. A. (1985): The role of semiochemicals in benthic community relationships of the lotic amphipod *Gammarus pseudolimnaeus*: a laboratory analysis. *Oikos* 44: 280–286.

Williams, D. D. (1987): The ecology of temporary waters. Croom Helm Ltd., London, UK.

Yee, D. A., S. Taylor, S. M. Vamosi (2009): Beetle and plant density as cues initiating dispersal in two species of adult predaceous diving beetles. *Oecologia* 160: 25–36.

Zalom, F. G., Grigarick, A. A., Way, M. O. (1980): *Ecological Entomology* 5: 183-187.

Zaret, T. M., Suffern, J. S. (1976): Vertical migration in zooplankton as a predator avoidance mechanism. *Limnology and Oceanography* 21: 804–813.

Použitý software: ArcGIS 10.0 Desktop, ESRI, 2011

## 8. PŘÍLOHY

**Tab. č. 9** Přehled celkového počtu odchycených jedinců v jednotlivých odběrech na rybníku Rahovec. Data uvedena ve formátu samec/samice/neurčené pohlaví/larva. \* označuje druh, u kterého bylo určováno pohlaví.

druh	1. odběr		2. odběr		3. odběr	
	den	noc	den	noc	den	noc
<b>Dytiscidae</b>						
<i>Acilius canaliculatus</i> *	7/3/2/16	17/5/-/8	3/5/2/4	3/5/-/4	2/1/1/-	9/8/-/-
<i>Agabus undulatus</i> *	-/1/-/-	-	-	-/-/1/-	-	-
<i>Colymbetes fuscus</i> *	-	1/-/-/-	1/1/-/-	1/1/-/-	2/-/-/-	4/3/-/-
<i>Dytiscus circumcinctus</i> *	-	1/-/-/-	-	-	-	-
<i>Dytiscus circumflexus</i> *	-	-/1/-/-	-	-	-	-
<i>Dytiscus marginalis</i> *	-/1/-/-	3/-/-/-	-	1/1/-/-	-	-
<i>Graphoderus cinereus</i> *	25/24/1/-	72/49/-/2	6/15/-/-	38/33/-/-	-/1/-/-	9/12/-/-
<i>Hydaticus aruspex</i> *	-	-/3/-/-	-	-	-	-/1/-/-
<i>Hydaticus continentalis</i> *	3/2/-/-	12/3/-/-	1/-/-/-	5/2/-/-	-	-/1/-/-
<i>Hydaticus seminger</i> *	23/37/-/ 4	136/115/-	13/26/-/-	99/84/-/-	3/4/-/-	8/7/-/-
<i>Hydroporus angustatus</i> *	-/1/-/-	-	1/1/-/-	1/3/-/-	-	1/-/-/-
<i>Hydroporus incognitus</i> *	-/-/1/-	-	-/1/-/-	-/5/-/-	1/-/-/-	-
<i>Hydroporus palustris</i> *	-	-	-	-/1/-/-	-	-
<i>Hydroporus striola</i> *	-	-	-/1/-/-	-	1/-/-/-	-
<i>Hydroporus umbrosus</i>	-/-/2/-	-	-	-	-	-
<i>Hygrotus decoratus</i>	-/-/17/-	-/-/24/-	-/-/38/-	-/-/17/-	-/-/3/-	-/-/6/-
<i>Hygrotus inaequalis</i>	-/-/19/-	-/-/7/-	-/-/25/-	-/-/7/-	-/-/3/-	-
<i>Hyphydrus ovatus</i>	-/-/2/-	-/-/1/-	-/-/2/-	-/-/2/-	-	-
<i>Ilybius ater</i> *	1/1/-/-	2/2/-/-	-	1/-/-/-	-	-
<i>Ilybius fenestratus</i> *	1/-/-/-	-	-	-	-	-
<i>Ilybius fuliginosus</i> *	-	-/1/-/-	-	1/-/-/-	-	-
<i>Ilybius guttiger</i> *	-/1/1/-	-	-	-	-	-
<i>Ilybius subaenus</i> *	-	1/-/-/-	-	-/1/-/-	-	-
<i>Rhantus frontalis</i> *	-	2/2/-/-	-	6/2/-/-	-	-
<i>Rhantus suturalis</i> *	5/7/-/-	20/13/-/-	5/9/2/-	8/9/-/-	-	3/7/-/-
<i>Rhantus suturellus</i> *	-	1/-/-/-	-	-	-	-
<i>Suphrodytes dorsalis</i> *	1/-/-/-	-	-	-	-	-
<b>Noteridae</b>						
<i>Noterus clavicornis</i> *	-	-	1/-/-/-	-	1/-/-/-	-
<i>Noterus crassicornis</i> *	16/53/15/	1/16/-/-	1/5/-/-	5/6/-/-	11/16/-/-	10/25/-/-
<b>Hydrophilidae</b>						
<i>Enochrus quadripunctatus</i> *	-	-	1/-/-/-	-	-	-
<i>Hydrobius fuscipes</i>	-/-/1/-	-/-/2/-	-	-	-	-
<i>Hydrochara caraboides</i>	-/-/27/3	-/-/150/-	-/-/2/-	-/-/35/7	-	-
<i>Hydrophilus aterrimus</i> *	-	-/1/-/-	-	-	-	-
<b>Helophoridae</b>						
<i>Helophorus minutus</i>	-/-/1/-	-	-	-	-	-
<b>Ostatní druhy</b>						
<i>Halipilus</i> sp.	-/-/2/-	-/-/1/-	-/-/3/-	-/-/6/-	-	-

<i>Ilyocoris cimicoides</i>	-	-	-	-	-/-/1/-	-/-/2/-
<i>Haemopsis sanguisuga</i>	-/-/13/-	-/-/21/-	-/-/8/-	-/-/7/-	-/-/7/-	-
<i>Notonecta</i> sp.	-/-/3/-	-	-	-/-/1/-	-	-
<i>Plea minutissima</i>	-	-/-/1/-	-	-	-	-
<i>Sympetrum</i> sp.	-/-/3/-	-	-/-/5/-	-/-/3/-	-	-
<b>Celkem</b>	<b>82/129/ 110/23</b>	<b>269/211/ 205/10</b>	<b>33/64/86/ 4</b>	<b>169/153/72/ 11</b>	<b>21/22/ 15/-</b>	<b>44/64/8/ -</b>



**Tab. č. 10** Přehled celkového počtu odchycených jedinců v jednotlivých odběrech na rybníku Horní farský. Data uvedena ve formátu samec/samice/neurčené pohlaví/larva.\* označuje druh, u kterého bylo určováno pohlaví.

druh	1. odběr		2. odběr		3. odběr	
	den	noc	den	noc	den	noc
<b>Dytiscidae</b>						
<i>Acilius canaliculatus</i> *	1/1/-/2	3/3/1/1	1/1/-/4	1/1/-/1	1/3/-/2	1/-/-/-
<i>Agabus sturmii</i> *	-	-	-	-	1/-/-/-	-
<i>Agabus undulatus</i> *	-	-	-/-/2 /-	2/-/3/-	-	-
<i>Agabus biguttatus</i> *	-	-	-	-	2/-/-/-	-
<i>Agabus bipustulatus</i> *	1/-/-/-	-/1/-/-	-	-	-	-
<i>Anacaena limbata</i> *	-	-	-	-	1/-/-/-	-
<i>Colymbetes fuscus</i> *	-	-/2/-/-	-/2/-/-	2/-/-/-	2/-/-/-	-
<i>Dytiscus circumcinctus</i> *	-	-	-/1/-/-	-	-	-
<i>Dytiscus circumflexus</i> *	-	-/1/-/-	-	-/1/-/-	-	-/1/-/-
<i>Dytiscus marginalis</i> *	-/1/-/2	3/8/-/4	-	2/4/-/-	-	1/-/-/-
<i>Graphoderus cinereus</i> *	12/10/-/2	8/19/-/-	9/5/2/6	6/6/-/-	2/2/-/-	1/-/-/-
<i>Hydroglyphus geminus</i>	-	-	-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/3/-
<i>Hydaticus aruspex</i> *	-	3/-/-/-	-/1/-/-	-	-	-
<i>Hydaticus continentalis</i> *	3/-/-/-	6/3/-/-	3/1/-/-	1/-/-/-	1/-/-/-	1/-/-/-
<i>Hydaticus seminiger</i> *	17/29/2/-	25/37/1/-	8/16/-/-	8 /10/-/-	4/11/-/-	1/5/-/-
<i>Hydaticus transversalis</i> *	-	-/1/-/-	-	-	-	-
<i>Hydroporus angustatus</i> *	-	-	-	-	-	-/1/-/-
<i>Hydroporus incognitus</i> *	1/-/-/-	-/1/-/-	-	-/-/1/-	1/-/-/-	1/-/-/-
<i>Hydroporus palustris</i> *	-	-	-/1/-/-	-/1/-/-	1/-/-/-	-
<i>Hydroporus striola</i> *	-	-	-/2/-/-	-	1/-/-/-	-
<i>Hygrotus decoratus</i>	-/-/1/-	-/-/2/-	-/-/5/-	-/-/3/-	-/-/1/-	-/-/6/-
<i>Hygrotus impressopunctatus</i>	1/-/-/-	-/-/5/-	-	-/-/1/-	-/-/2/-	-
<i>Hygrotus inaequalis</i>	-/-/3/-	-/-/10/-	-/-/6/-	-/-/19/-	-/-/6/-	-/-/8/-
<i>Ilybius ater</i> *	8/8/-/-	19/20/1/-	8/16/1/-	6/7/-/-	-/-/-/1	-/-/-/1
<i>Ilybius fenestratus</i> *	-	-	-	-	1/-/-/-	-
<i>Ilybius fuliginosus</i> *	-/3/-/-	1/1/-/-	-	-/1/-/-	-	-
<i>Ilybius guttiger</i> *	-	-	1/-/1/-	-	-/1/-/-	-
<i>Ilybius subaeneus</i> *	2/2/-/-	5/4/-/-	-	3/5/-/-	-/1/-/-	1/-/-/-
<i>Laccophilus minutus</i>	-	-	-	-/-/1/-	-/1/-/-	-/1/-/-
<i>Liopterus haemorrhoidalis</i> *	-	1/-/1/-	-/1/-/-	-	-	-
<i>Rhantus exsoletus</i> *	-	-/1/-/-	1/-/-/-	-	-	-
<i>Rhantus frontalis</i> *	-/1/-/-	-/1/-/-	-	-	-/4/-/-	1/-/-/-
<i>Rhantus suturalis</i> *	3/5/-/-	2/6/1/-	3/5/1/-	1/1/-/-	2/1/-/-	4/6/-/-
<i>Rhantus suturellus</i> *	2/-/-/-	-	-	-	-	-
<b>Noteridae</b>						
<i>Noterus clavicornis</i> *	-	-	-	-	-/2/-/-	-
<i>Noterus crassicornis</i> *	-/4/-/-	5/5/-/-	-/3/-/-	2/4/-/-	39/108/-	52/69/-/-
<b>Hydrophilidae</b>						
<i>Enochrus quadripunctatus</i> *	-	-	-	-/-/1/-	-	-
<i>Hydrochara caraboides</i>	-/-/100/1	-/-/159/5	-/-/14/21	-/-/17/4	-	-

**Helophoridae**

<i>Helophorus aquaticus*</i>	1/-/-	-	-	-	-	-
<b>Ostatní druhy</b>						
<i>Haemopsis sanguisuga</i>	-/-/24/-	-/-/30/-	-/-/36/-	-/-/12/-	-	-
<i>Haliplus</i> sp.	-	-/-/1/-	-/-/3/-	2/2/-/-	-	1/-/2/-
<i>Ilyocoris cimicoides</i>	-/-/3/-	-/-/8/-	-/-/6/-	-/-/2/-	-	-/-/1/-
<i>Notonecta</i> sp.	-	-/-/1/-	-	-	-	-
<i>Plea minutissima</i>	-	-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/3/-	-
<i>Sympetrum</i> sp.	-/-/1/-	-/-/4/-	-/-/1/-	-	-	-
<b>celkem</b>	<b>50/63/ 135/7</b>	<b>81/114/ 224/ 10</b>	<b>34/55/79/ 31</b>	<b>36/41/57/5</b>	<b>59/134/ 13/3</b>	<b>65/83/ 20/ 1</b>

**Tabulka č. 11** Fyzikálně-chemické parametry vody na rybníku Rahovec (měření dne 14.10. 2011 ve 14 hod.).

<b>Rahovec</b>	pH	Kyslík (mg.l <sup>-1</sup> )	Vodivost (μS.cm <sup>-1</sup> )	teplota
místo				
litorál 1.	6,91	1,32	208	7,0 °C
litorál 2.	6,90	1,80	211	7,4 °C
volná voda 1.	7,46	8,38	213	10,4 °C
volná voda 2.	7,48	8,39	214	10,5 °C
<b>Horní farský</b>				
litorál 1.	6,87	1,10	229	8,7 °C
litorál 2.	6,66	2,42	229	8,6 °C
volná voda 1.	7,07	2,70	213	10,0 °C
volná voda 2.	7,08	2,40	213	10,4 °C

**Obrázek č. 25** Položená past na rybníku Horní farský v porostu zblochanu (*Glyceria* sp.)



**Obrázek č. 26** Pokládání pasti na rybníku Rahovec v porostu rákosí (*Phragmites* sp.) s příměsí ostřic (*Carex* sp.)



**Obrázek č. 27** Tyč s číslem pasti



**Obrázek č. 28** Částečně ponořená past na rybníku Rahovec v porostu ostřice (*Carex* sp.)

