



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra biologie

Bakalářská práce

Selektivita odchyty vodního hmyzu světelnou pastí

Vypracovala: Markéta Bohdalová
Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Ditrich, Ph.D.

České Budějovice 2018

Prohlášení

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

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské 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, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Markéta Bohdalová

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala RNDr. Tomášovi Ditrichovi, Ph.D. za jeho odborné rady, vstřícnost, trpělivost a především čas, který mi v průběhu vedení této bakalářské práce věnoval. Velké díky patří rovněž mým dvěma kolegům Petrovi Čihákovi a Lukášovi Liebloví, bez jejichž pomoci by experimentální část práce vůbec nemohla proběhnout.

Bohdalová, M. (2018): Selektivita odchyty vodního hmyzu světelnou pastí. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, Katedra biologie, 45 s.

Anotace:

Bakalářská práce se zabývá odchytem vodního hmyzu pomocí techniky světelné pastí. Hlavní cílem výzkumu je detailně určit selektivitu odchyty vodního hmyzu právě tímto typem pastí a případně zjistit existenci některých druhově specifických rozdílů v úspěšnosti odchyty. Základ výzkumu tvoří mesokosmové experimenty s přesně definovaným společenstvem nektonního hmyzu. Jako modelové organismy zde slouží *Corixa punctata*, *Sigara lateralis*, *Notonecta glauca* a koretra *Chaoborus* sp.

Klíčová slova:

vodní hmyz, selektivita odchyty, efektivita odchyty, světelná past

Annotation:

Bohdalová, M. (2018): A species selectivity of subaquatic light traps. Bachelor thesis. University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Education, Department of Biology, 45 pp.

The bachelor thesis deals with capturing water insects using the technology of light traps. The main goal of the research is to determine selectivity of subaquatic light traps capture in detail, using this kind of traps, and also find out some species specific differences in success of the capture. The base of the research are mesocosmic experiments with accurately defined community of nectonic insects. *Corixa punctata*, *Sigara lateralis*, *Notonecta glauca* and *Chaoborus* sp. serve as the model organisms in the research.

Keywords:

aquatic insects, capture selectivity, capture efficiency, light trap

Obsah

Obsah	6
1. Úvod	7
2. Literární přehled	8
2.1. Postavení hmyzu v ekosystému sladkých vod	8
2.2. Vliv světla na aktivitu vodního hmyzu	10
2.3. Metody odchyty vodního hmyzu	11
2.4. Selektivita vodních světelných pastí	22
3. Materiál a metodika	23
3.1. Modelové organismy.....	23
3.2. Design vodní světelné pastí.....	25
3.3. Design experimentu	27
3.4. Analýza dat.....	29
4. Výsledky.....	30
5. Diskuze	36
6. Závěr.....	37
7. Použitá literatura.....	38

1. Úvod

Přestože je průzkum společenstev vodních organismů považován za standardní faunistickou a hydrobiologickou proceduru, metody sloužící ke sběru těchto organismů nejsou doposud nikterak standardizovány. Vedle klasické a v řadě aspektů problematické metody ručních sítí stojí rovněž metoda vodní světelné pasti, která je stále ve větší míře pro odchyt tohoto spektra živočichů využívána. Vodní světelné pasti jsou navíc často experimentátory upravovány do mnoha různých podob, které jsou přímo uzpůsobeny jednotlivým výzkumům a cílovým skupinám vodních živočichů. Tyto modifikace, které jsou v zorném poli hydrobiologů již nejméně od roku 1953, si kladou za cíl výzkumy v této oblasti především zefektivnit a kvantifikovat množství odchyťů.

Rovněž výzkum v rámci této bakalářské práce si klade za cíl zjistit, jak jsou vodní světelné pasti v odchyty vodního hmyzu účinné ve vztahu k modelovým organismům, a především jaká je selektivita odchyty v případě užití tohoto typu pasti u různých druhů vodního hmyzu.

Výzkumná práce je rozdělena do několika dílčích celků. V rešeršní části je nastíněna problematika vodního prostředí a vodního hmyzu samotného. Dále je prostor věnován metodám odchyty vodního hmyzu, zvláště pak metodám odchyty pomocí vodních světelných pastí. Rešeršní část rovněž zahrnuje přehled výzkumů užívajících právě této metody sběru dat. V praktické části je hlavní prostor věnován modelovým organismům, designu světelné pasti a celkové podobě a průběhu výzkumu. V závěru práce jsou uvedeny a zhodnoceny získané výsledky experimentu, které jsou dále diskutovány a porovnány s dostupnou literaturou.

2. Literární přehled

2.1. Postavení hmyzu v ekosystému sladkých vod

Vodní ekosystémy tvoří nedílnou součást životního prostředí řady organismů. A je to právě vodní hmyz, který v těchto ekosystémech dosahuje vysokých populačních hustot a plní zde mnoho různých funkcí. Jednou z funkcí, která má zásadní vliv na chod celého ekosystému, je přítomnost vodního hmyzu v potravních řetězcích. Ovšem vyskytuje-li se hmyz ve vodách, kde nejsou přítomny ryby coby vrcholoví predátoři, zaujímá právě tuto pozici (Brönmark a Hansson, 2005). Déle se může vodní hmyz podílet na filtraci vody, rozkladu organických látek či přenosu uhlíku prostřednictvím potravních sítí (Lohrer a kol., 2004; Palumbi a kol., 2009; Pingram a kol., 2014; Macadam a Stockan, 2015 in Collier a kol., 2016). Neméně důležitou funkcí je pak také indikace kvality vod (Hartman a kol., 1998).

Dle odhadů se na světě vyskytuje přibližně 45 000 druhů vodního hmyzu (Brönmark a Hansson, 2005). Čísla však nemohou být konečná, neboť v tak rozmanité skupině živočichů, jakou představuje vodní hmyz a hmyz obecně, stále dochází k objevování nových druhů obývajících různé typy biotopů.

V našich sladkých vodách se můžeme setkat se zástupci hmyzu především v podobě larválních stádií. Ty ve vodním prostředí setrvávají pouze do té doby, než dosáhnou dospělosti. Nejčastěji se jedná o najády vážek (Odonata), nymfy jepic (Ephemeroptera), nymfy pošvatek (Plecoptera), nymfy chrostíků (Trichoptera) a larvy dvoukřídlých (Diptera) (Rozkošný, 1980; Brönmark a Hansson, 2005 in Šalandová, 2014).

Dalšími zástupci hmyzu ve vodním prostředí jsou pak brouci (Coleoptera) a ploštice (Heteroptera), jejichž představitelé jsou často řazeni mezi vrcholové predátory ve vodních tělesech bez přítomnosti ryb (Klečka a Boukal, 2012; Šalandová, 2011). Z řad vodních brouků je nutno zmínit zvláště potápníka vroubeného (*Dytiscus marginalis*) z čeledi Dytiscidae a vodomila černého (*Hydrous piceus*) z čeledi Hydrophilidae (Ward, 1992).

Stejně tak jako u brouků, je i u ploštic pouze nepatrná část druhů řazena ke druhům vodním. Z celkového počtu druhů ploštic, jichž je známých kolem 40 000, je vodních pouze 2 300 zástupců (Polhemus a Polhemus, 2008). Zde za zmínku stojí především znakoplavky (Notonectidae), klešťanky (Corixidae), splešťule (Nepidae), bodule (Naucoridae) či hlubenky (Aphelocheiridae) (Ward, 1992).

Druhové složení a počet vodního hmyzu se však může v závislosti na ročním období a charakteru ekosystému značně lišit (Kubíček, 1984). Struktura a druhová rozmanitost se může například odvíjet od velikosti vodního tělesa. Tuto skutečnost lze dokumentovat na zástupcích vodních ploštic a vodních brouků, kteří se ve větší míře vyskytují spíše v nádržích menší velikosti (Schubert a Lellák, 1973; Bendell a McNicol, 1987; Brönmark a Hansson, 1998). Osídlení vodních biotopů může být dále ovlivněno také jejich permanentností (Brönmark a Hansson, 2005). Zásadní vliv na výskyt vodního hmyzu má rovněž přítomnost vegetace, která představuje útočiště pro mnoho druhů. Zatímco při okraji porostu se častěji objevují vodní ploštice (zejména čeledi Corixidae), nymfy vážek a larvy chrostíků, uvnitř vegetace dominují spíše vodní brouci a larvy dvoukřídlých (Sychra a kol., 2010 in Gregušová, 2012). Distribuce vodního hmyzu je rovněž ovlivněna chemickým složením vod. V zásadě jsou zde organismy nejvíce limitovány obsahem kyslíku. Druhové složení se rovněž snižuje s klesající hodnotou pH (Kalff, 2002). V kyselých vodních tělesech se hojněji vyskytují pouze koretry (*Chaoborus*), ploštice čeledě Corixidae, brouci čeledě Gyrinidae, popřípadě šidélka (Zygoptera) (Brönmark a Hansson, 2005; Kalff, 2002).

Napříč veškerým limitům je vodní hmyz skupinou organismů, která svou rozmanitostí výrazně převyšuje ostatní zástupce vodních bezobratlých (Darwal a kol., 2012 in Čihák, 2017) a jejíž funkce je v rámci vodních ekosystémů nezastupitelná.

2.2. Vliv světla na aktivitu vodního hmyzu

Stejně tak jako celé spektrum živočichů se i vodní hmyz přizpůsobil střídání světelné a temnostní fáze dne. Tímto střídáním je podmíněna samotná aktivita hmyzu, jakožto i příjem potravy, kopulace či migrace (Hollan, 2004).

Vodní hmyz, zrovna tak jako ostatní zástupci této třídy, vnímají světelné záření prostřednictvím složených očí. Tyto orgány zraku jsou tvořeny jednotlivými drobnými očky, která se nazývají ommatidia. Počet ommatidií je však druhově rozmanitý. Jednotlivá očka kryje průhledná kutikula, která zde vykonává funkci rohovky. Dále se hlouběji v ommatidiu nachází krystalinní kuželík tvořený krystalinními buňkami. Spojením rohovky a kuželíku vzniká dioptrický aparát, který soustřeďuje světelné paprsky na rhabdom (Kodrík, 2004). Rhabdom pak představuje vlastní světločivnou část oka. Je tvořen specializovanými sítnicovými buňkami, ze kterých vystupují do středu rhabdomu jednotlivé rhabdomery. Ty jsou složeny z mikrovil na jejichž povrchu jsou soustředěny molekuly očního pigmentu, rhodopsinu. Ten pohlcuje určité vlnové délky a vytváří nervové impulzy (Karas, 2010; Petrucha, 2011). Následným složením podnětů z optických nervů vzniká mozaikový obraz, který je pro hmyz charakteristický (Smrž, 2015).

Zástupci vodního hmyzu a hmyzu obecně však nevnímají pouze světelné záření, kterým se rozumí viditelná část elektromagnetického spektra v rozmezí vlnových délek 390-790 nm. Vnímají rovněž i záření krátkých vlnových délek, označované jako ultrafialové (Lepil a kol., 2010). Obecně tedy platí, že záření, které hmyz nejvíce láká, jsou odstíny zeleného, modrého, fialového a ultrafialového světla (Sun, 2014; Cowan a Gries, 2009; Kim a Lee, 2014; Cho a Lee, 2012 in Pavlicová, 2016).

Pozitivní fototaxe (pohyb směrem ke světelnému zdroji) v noci aktivního hmyzu lze snadno využít při konstrukci různých světelných lapačů či světelných pastí. Tato odchytová zařízení často využívají umělých zdrojů světla, jejichž efektivita se v závislosti na druhu liší. Za nejvíce efektivní zdroj tohoto typu však byla experimentálně určena rtuťová výbojka a dále pak výbojka sodíková. Umělým světlem jsou pak nejvíce přitahováni zástupci brouků (Coleoptera), chrostíků (Trichoptera), ploštic (Heteroptera) a pakomárů (Chironomidae) (Hollan, 2004).

2.3. Metody odchyty vodního hmyzu

Přestože průzkum společenstev vodních bezobratlých, a zvláště pak vodního hmyzu patří k běžným faunistickým a hydrobiologickým postupům, metody odchyty těchto živočichů nejsou nikterak standardizovány (O'Connor a kol., 2004; Ditrich a kol., 2017).

Doposud nejhojněji využívanou metodou odchyty vodního hmyzu je metoda ruční sítě. Využívání této metody je však v řadě aspektů značně problematické, a z toho důvodu dochází v oblasti metodiky sběru vodních živočichů ke stálým inovacím. Tyto nově navržené metody si kladou za cíl sběr živočichů především kvantifikovat.

Jednou z technik, která se o takovou kvantifikaci snaží, je metoda podvodní světelné pasti, která se v různých obměnách používá již řadu let. První zmínky o využívání pozitivní fototaxe vodního hmyzu k jeho odchyty sahají až do roku 1931. První past tehdy vznikla z iniciativy amerického profesora H. B. Hungerforda, který si povšiml skutečnosti, že se značné množství klešťanek a znakoplavek v noci soustřeďuje v blízkosti baterky umístěné při okraji hlubokého bazénu. V témže roce tedy společně se studentem R. W. Koberem na půdě Michiganské univerzity sestrojili podvodní světelnou past. Použitá past byla vskutku velmi jednoduchá. Konstrukce byla zhotovena z drátu ve tvaru kvádru, který byl pokryt drátěným sítím. Vrchní část byla tvořena víkem, které bylo odnímatelné a značně tak zjednodušovalo vstup výzkumníka do pasti. Ve spodní části, která byla rovněž odnímatelná, bylo umístěno kuželovité síto fungující jako vstup pro živočichy. Přímo za tímto kuželem se nacházela vzduchotěsná nádoba se zdrojem světla. K pasti byla navíc dále připevněna i železná závaží, která zabraňovala nežádoucím odnosům pastí. První použití této metody bylo uskutečněno v srpnu roku 1931 na jezeře Burt Lake v Michiganu v USA. Během několikadenního pozorování dospěli výzkumníci k závěru, že tento typ pasti je velmi efektivní jak v odchyty klešťanek (Corixidae), tak i v odchyty dalších zástupců vodního hmyzu. Přestože se během výzkumu ukázala tato past v odchyty vodního hmyzu jako velmi úspěšná, výzkumníci pracovali na dalších úpravách, které by zvýšili efektivitu odchyty. Do roku 1951, kdy byly provedeny další série pozorování, došlo k obměně světelného zdroje pasti a také k výměně sítky za sítku s jemnějšími oky, tak aby udržela i drobnější zástupce (Hungerford a kol., 1955).

K rozvoji metody podvodní světelné pasti dále pak v roce 1953 přispěli Baylor a Smith (1953), kteří zhotovili past tohoto typu za účelem odchyty perlooček (Cladocera). Základním principem pasti bylo střídání dvou druhů světla, žlutého a modrého. Žluté

světlo v tomto případě sloužilo k nalákání živočicha do pasti, který následně po změně žlutého světla na světlo modré změnil svou orientaci a plaval směrem do sběrné části pasti. V závěru svého výzkumu navíc experimentátoři doporučili aplikaci vodní pasti využívající světelného zdroje v řadě ekologických studií. Dále také upozornili, že pomocí mnoha variant barevných světél, může být zhotovena široká škála vodních světelných pastí, které mohou být velmi specifické a mohou se tak orientovat pouze na určité skupiny živočichů.

Ovšem největší vliv na rozvoj metody odchyty vodních bezobratlých měl již zmíněný americký entomolog H. B. Hungerford (1955). Ten společně se svými kolegy vydal v roce 1955 poměrně rozsáhlou zprávu o svých odchycích, které byly prováděny v různých podmínkách napříč řadou let. Ukázalo se, že vodní světelné pasti jsou nejvíce efektivní při odchyty čeledí Corixidae (Hemiptera), Dytiscidae a Haliplidae (Coleoptera), při odchyty larev čeledí Chironomidae a Chaoboridae (Diptera), při odchyty najád čeledí Calopterygidae a Libellulidae (Odonata) a také při odchyty larev chrostíků (Trichoptera). Dalšími hojně odlovenými zástupci vodních bezobratlých byli perloočky (Cladocera), klanonožci (Copepoda), lasturnatky (Ostracoda), plži (Gastropoda), další zástupci čeledí vodních ploštic (Nepidae, Belostomatidae, Notonectidae, Pleidae, Veliidae, Hydrometridae, Mesoveliidae) zástupci čeledí vodních brouků (Hydrophilidae, Gyrinidae) a larvy čeledí dvoukřídlých (Culicidae, Haleidae). Ve výčtu odlovených živočichů nechyběli ani zástupci obratlovců, kteří zde byli reprezentováni malými rybami a pulci.

Do výzkumů týkajících se efektivnosti vodních světelných pastí se zapojili rovněž členové entomologického ústavu Kalifornské univerzity R. K. Washino a Y. Hokama, kteří v roce 1968 vydali studii, jejímž hlavním cílem bylo rozšířit studie předchozích výzkumníků, a dále porovnat metodu světelné pasti s metodami ostatními. Ve výzkumu byl použit světelný lapač v podobě skleněného válce s nálevkou a lapač bez zdroje světelného záření. Vodní světelnou pastí však bylo téměř ve všech případech odchyceno více vodního hmyzu než pastí bez světelného zdroje. Past se světelným zdrojem se v tomto případě jevila jako nejvíce efektivní v odchyty zástupců řádů Hemiptera, Coleoptera a Diptera (Washino a Hokama, 1968).

K dalšímu porovnání metod odchyty vodního hmyzu na světlo došlo také v 80. letech, kdy Carlson (1971, 1972) porovnával účinnost světelných pastí se světly různých vlnových délek. Jedním typem světla tehdy bylo světlo černé (UV) a druhý typ představovalo světlo bílé. Výsledky této ekologické studie prokázaly, že vodní hmyz výrazně preferuje černé

světlo, na které bylo odloveno celkem 68,4 % živočichů. Mezi zástupce, kteří byli nejvíce přitahováni právě černými světlem lze zařadit druh *Chaoborus punctipennis*, dospělce řádu dvoukřídlí (Diptera) a dospělce řádu chrostíci (Trichoptera). Bílým světlem byli naopak nejvíce přitahováni zástupci řádu polokřídlí (Hemiptera) a zástupci řádu jepice (Ephemeroptera). Účinností pastí podobného typu se však již dříve zabývali také Sublette a Dendy (1959), ze kterých D. Carlson ve své studii z části vycházel.

V návaznosti na ne zcela vhodné podoby doposud využívaných pastí (Baylor a Smith, 1953; Hungerford a kol., 1955; Husbands, 1967; Washino a Hokama, 1968; Zismann, 1969; Bertram a kol., 1970; Espinosa a Clark, 1972; Erwin a Haines, 1972), zkonstruovali Charles S. Apperson a Dennis G. Yowa model zcela nový. Předešlým modelům vytýkali zejména jejich velikost, která byla někdy limitující pro odchyt živočichů v mělkých vodách nebo také jejich finanční náročnost, neboť některé typy vyžadovaly speciální komponenty a drahé materiály. K odběru vzorků vodních organismů právě v mělkých rybnících a jezerních stanovištích tedy vyvinuli velmi jednoduchý, a především levný typ pastí, který však vykazoval i některé znaky modelů výše uvedených (Baylor a Smith, 1953; Hungerford a kol., 1955; Husbands, 1967). Nově vytvořená past byla složena ze snadno dostupných komponentů, a to ze skleněné nádoby, polyethylenové nálevky, plastové misky, baterky a kusu polystyrenu. Další výhodou tohoto modelu kromě jeho nízké finanční náročnosti byl rovněž fakt, že velikost pastí mohla být vždy uzpůsobena potřebě výzkumníka. Apperson a Dennis (1976) odlovili na tento typ pastí celou řadu vodních organismů. Nejčastěji se jednalo o larvy řádu Diptera, o zástupce řádů Hemiptera a Coleoptera a také o zástupce klanonožců (Copepoda).

Účinností světelných pastí při odchytu vodních organismů se zabýval rovněž Aiken (1979), který pokusy prováděl v polovině srpna roku 1977 na malém rybníku (bývalé štěrkové jámě) nedaleko Campbellville v Ontariu. Použitá past byla zhotovena z plexiskla a světelný zdroj byl připojen k autobaterii. Model však disponoval jednou velmi významnou výhodou, a to že vstupní otvory mohly být nastaveny na libovolnou šířku. Během experimentu byly tedy využity celkem tři velikosti těchto otvorů. Z výsledků pak jednoznačně vyplynula velikostní selektivita pastí, kdy se s rostoucí šířkou vstupního otvoru zvyšovalo jak množství, tak i průměrná velikost odlovených organismů. Ve vzorcích byl zastoupen prakticky každý řád hmyzu mimo řády Megaloptera a Plecoptera. Nejčastěji se však jednalo o zástupce brouků (Coleoptera) a dále pak o zástupce polokřídlých (Hemiptera) reprezentované především čeledí klešťankovití (Corixidae)

a čeledí znakoplavkovití (Notonectidae). Mimo vodní hmyz byli dále v pastech nalezeni i zástupci klanonožců (Copepoda), roztočů (Acarina) a žab (Anura).

Toto různorodé složení organismů odlovených R. B. Aikenem koresponduje i s výsledky Hungerforda a kol. (1955), Engelmana a Tobische (1972) a Engelmana (1974). Ovšem je nutno podotknout, že u pastí s takovou rozmanitostí odchyťů je nezbytně nutné organismy třídit a vybrat pouze ty, které výzkumníka zajímají (Henrikson a Oscarson, 1978; Aiken, 1979). Rozmanité složení vodních organismů, které mohou být odloveny pomocí vodních světelných pastí lze dokumentovat také prostřednictvím tabulky č. 1.

V 90. letech přispěli do oblasti metodiky sběru vodních živočichů svými poznatky také Hilsenhoff a Tracy (1985), kteří se zaměřovali především na mapování fauny brouků ve stojatých vodách. Experimentátoři během mapování použili několik odchyťových technik. Využita byla i metoda ruční sítě s plochým dnem, která se však jevila jako značně problematická při odchytu brouků ve znečištěných vodních plochách. Sítě byly těmito nečistotami zanášeny a v některých případech i poničeny. Největším problémem této metody však bylo, že větší a aktivnější jedinci ze sítí dokázali lépe uniknout, což způsobovalo, že čisté vzorky pak obsahovaly větší množství menších jedinců (Hilsenhoff a Tracy, 1985; Hilsenhoff, 1987; Streams, 1992; Hampton a Friedenberg, 2001; Papáček a kol., 2009, Radwell, 2009). Tento problém byl eliminován světelnými podvodními pastmi, které byly následně pro odchyt užity. Efektivita pastí se světelným zdrojem se pak více projevila v hlubších vodách a také v oblastech s menším zastoupením vegetace, která pronikání světelného záření do jisté míry omezovala. O odlišné účinnosti podvodních světelných pastí v různých hloubkách se ve své studii zmiňují rovněž Newhouse a Stahl (2000).

Všechny doposud uvedené modely byly ovšem primárně orientovány na odchyt živočichů pohybujících se ve vodním sloupci (Hungerford a kol., 1955; Carter a Paramonov, 1965; Husbands, 1967; Washino a Hokama, 1968; Espinossa a Clark, 1972; Brown, 1976; Weber, 1985). Návrh pasti, kterou bylo možno využít i pro lov organismům žijících v oblasti dna, předložil až Weber (1987). Ten během svého výzkumu odlovil také poměrně širokou škálu živočichů. Ve vzorcích se objevovali zástupci řádů Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Odonata, Plecoptera a Trichoptera.

Tím, že technika vodní světelné pasti napříč různými výzkumy vykazovala již dlouhou dobu vysokou efektivitu v odchycích vodních organismů, byla v různých modifikacích stále častěji volena k dalším vědeckým studiím.

Pro mapování biologické rozmanitosti hmyzu v oblasti Killbuck Marsh Wildlife Area v Ohiu využili této techniky také Williams a kol. (1996). K odchytu larev *Tropisternus sp.* (Coleoptera) využili pak vodních pastí se světelným zdrojem i Dennett a Meisch (2001), kteří částečně navazovali na studie Zaloma a kol. (1980) a Zaloma (1981). A dále byla tato technika odchytu využita například i Dinhem (2012) při mapování vodních brouků a dalších zástupců vodního hmyzu na ostrově Dominica.

O rozmanitosti druhů, které mohou být pomocí vodních světelných pastí odloveny, bylo pojednáno už výše. Tento fakt byl však dále velmi kvalitně podložen výsledky výzkumů N. E. Nikolaevy (2005, 2007, 2008, 2009, 2015) která prováděla monitoring vodních bezobratlých na území Tverské oblasti Ruské federace mezi lety 1999 až 2010. V závěru studie z roku 2015 uvedla seznam druhového složení vodních bezobratlých, kteří byli pomocí vodních světelných pastí doposud odloveni různými výzkumníky na různých místech a v různých časových obdobích. Včetně vlastních výsledků bylo do seznamu zahrnuto celkem 10 druhů měkkýšů, 66 druhů vodních roztočů a 151 druhů hmyzu. Vlastní sběry pak tvořily celkem 68 druhů, z čehož 48 druhů bylo na světlo odloveno vůbec poprvé.

Přestože vodní světelné pasti byly ve většině výzkumů shledávány jako efektivní, žádná studie se přímo nezabývala srovnáním efektivity jednotlivých druhů metod pro odchyt vodních živočichů. Čeloudová (2009), Černá (2009) a Papáček a kol. (2009) takové srovnání provedli. V rámci jejich studií byla porovnávána účinnost jak ručních sítí, tak účinnost podvodních světelných pastí různých modifikací. Z výsledků vyplynulo, že ač je na metodě sběru organismů pomocí ruční sítě založeno mnoho ekologických studií (Karaouzas a Gritzalis, 2006) a zároveň tato metoda představuje klasický způsob odběru vzorků, její využívání není pro sběr zcela vhodné. Nevýhody této metody spočívají zejména v tom, že účinnost je více či méně ovlivněna sběratelem. Problémem je rovněž fakt, že vysoce aktivní druhy mohou ze sítě poměrně snadno uniknout a málo početné druhy pak nemusejí být odchyceny vůbec, čímž může velmi snadno docházet ke zkreslování a neúplnosti výsledků. Pro odchyt vodního hmyzu se tedy ruční sítě zdají být v porovnání s jinými metodami málo efektivní a je proto tedy vhodné volit pro sběr těchto

živočichů metody pasivní (Hilsenhoff a Tracy, 1985; Hilsenhoff, 1987; Streams, 1992; Taylor a McPherson, 2000; Hampton a Friedenberg, 2001; Radwell a Camp, 2009). Toto tvrzení podporuje také srovnávací studie Klečky a Boukala (2011), kteří zároveň kritizují absenci standardů a norem při užívání různých metod pro odchyt vodních živočichů.

Podobně jako Papáček a kol. (2009) srovnávali užití různobarevných zdrojů světla, vlivu světelného záření různých barev se věnovali také Radwell a Camp (2009), kteří srovnávali účinnost červeného, žlutého, zeleného a modrého chemiluminiscenčního světla a bílého LED světla. Přestože nebyly prokázány žádné statisticky významné preference určitých barev, celkově se projevila větší přitažlivost ke žlutému světlu, zelenému světlu a ke světlu bílému. Testováním různých typů světelného záření se věnovali dříve také například Baylor a Smith (1953), Pieczynski (1962), Carlson (1971, 1972), Barr (1979) či Benešová (1987). V současné době se účinností různých barev světelného záření na odchyt vodních živočichů zabývají MacDonnell a kol. (2018), kteří zkoumají efektivitu odchytů za použití tzv. light sticks různých barev. Light sticks představují alternativu, která nevyžaduje žádný externí zdroj energie a skýtá celou řadu výhod, jako je jejich odolnost, nízká pořizovací cena, zdravotní nezávadnost, snadná manipulace a zároveň i snadná likvidace.

Je zřejmé, že s postupem času se budou objevovat stále nové inovace či přímo nové techniky pro odchyt vodních živočichů. Tyto techniky si však budou vždy klást za cíl jediný, a to své odchyty co nejvíce kvantifikovat. Potřeba efektivních a spolehlivých průzkumů biologické rozmanitosti vodních těles, se totiž bude spolu s rostoucím tlakem na kvalitu těchto vodních zdrojů stále zvyšovat. Ve většině vodních biotopů tvoří právě drobní bezobratlí nedílnou součást komunity, která často slouží jako ukazatel její kvality (Rossaro a kol., 2007; Sharma a Rawat, 2009).

Tabulka č.1: Přehled odlovených druhů pomocí vodních světelných pastí.

Výzkum	Vyšší klasifikace	Nižší klasifikace	Počet odchycených jedinců
Baylor a Smith (1953) testování světelné pasti pro odchyt Cladocera	Cladocera		x
	Diptera	<i>Culicidae</i>	x
	Trichoptera	<i>Leptoceridae</i>	x
Hungerford a kol. (1955) testování světelných pastí pro odchyt vodního hmyzu a dalších vodních organismů	Coleoptera	<i>Gyrinidae</i>	20
		<i>Dytiscidae</i>	103
		<i>Haliplidae</i>	313
		<i>Hydrophilidae</i>	10
		<i>Limnebiidae</i>	1
	Diptera	<i>Chaoboridae</i>	76
		<i>Chironomidae</i>	27
	Trichoptera	<i>Hydroptilidae</i>	11
	Hemiptera	<i>Notonectidae</i>	197
		<i>Corixidae</i>	416
		<i>Belostomatidae</i>	2
		<i>Nepidae</i>	3
		<i>Veliidae</i>	32
<i>Mesoveliidae</i>		3	
Cladocera		254	
Washino a Hokama (1968) testování světelných pastí pro odchyt organismů v mělkých vodách	Ephemeroptera	<i>Beatidae</i>	610
	Hemiptera	<i>Notonectidae</i>	564
		<i>Corixidae</i>	2405
		<i>Belostomatidae</i>	611
	Coleoptera	<i>Hydrophilidae</i>	2914
		<i>Dytiscidae</i>	2672
	Diptera	<i>Ceratopogonidae</i>	11
		<i>Chironomidae</i>	211
		<i>Culicidae</i>	7
		<i>Tipulidae</i>	3
Carlson (1972) testování světelných pastí s různě barevnými světelnými zdroji (černé světlo a studené bílé světlo)	Ephemeroptera	<i>Ephemeridae</i>	100
		<i>Caenidae</i>	
	Hemiptera	<i>Corixidae</i>	564
		<i>Notonectidae</i>	
	Coleoptera		4
	Diptera	<i>Ceratopogonidae</i>	60 184
		<i>Chaoboridae</i>	
		<i>Chironomidae</i>	
Trichoptera		132	

	Osteichthyes		67
Apperson a Yowa (1976) testování světelných pastí pro odchyt organismů v mělkých rybnících a jezerních stanovištích	Diptera		x
	Hemiptera		x
	Coleoptera		x
	Copepoda		x
	Cladocera		x
Aiken (1979) testování pastí s různou velikostí vstupní štěrbin (tabulka je shrnutá za všechny šířky)	Ephemeroptera	<i>Ephemerellidae</i>	5
		<i>Caenidae</i>	1
	Odonata	<i>Aeshnidae</i>	1
		<i>Lebellulidae</i>	6
		<i>Lestidae</i>	31
	Trichoptera	<i>Leptoceridae</i>	1
		<i>Phryganeidae</i>	4
	Coleoptera	<i>Dytiscidae</i>	260
		<i>Hydrophilidae</i>	1
	Hemiptera	<i>Corixidae</i>	21
		<i>Notonectidae</i>	27
		<i>Pleidae</i>	52
		<i>Gerridae</i>	18
		<i>Veliidae</i>	121
		<i>Mesoveliidae</i>	2
	Diptera	<i>Belostomatidae</i>	1
		<i>Culicidae</i>	21
		<i>Chironomidae</i>	19
	Copepoda	<i>Diaptomidae</i>	578
Acarina		78	
Anura	<i>Ranidae</i>	3	
Hilsenhoff a Tracy (1985) testování světelných pastí určených pro odchyt brouků ve stojatých vodách	Coleoptera	<i>Dytiscidae</i>	x
		<i>Haliplidae</i>	x
		<i>Hydrophilidae</i>	x
	Hemiptera		x
	Odonata		x
	Diptera		x
	Ephemeroptera		x
	Anura		x
	Salamandroidea	<i>Salamandridae</i>	x
Osteichthyes		x	
Weber (1987) testování světelných pastí pro odchyt organismům žijících u dna	Coleoptera	<i>Dytiscidae</i>	>10
		<i>Elmidae</i>	>10
		<i>Gyrinidae</i>	>10
		<i>Haliplidae</i>	>10

		<i>Hydrophilidae</i>	>10
		<i>Limnebiidae</i>	>10
		<i>Noteridae</i>	>10
	Diptera	<i>Ceratopogonidae</i>	38
		<i>Chaoboridae</i>	614
		<i>Chironomidae</i>	680
		<i>Culicidae</i>	>10
		<i>Simuliidae</i>	<5
		<i>Tabanidae</i>	<5
		<i>Tipulidae</i>	>10
	Ephemeroptera	<i>Beatidae</i>	>10
		<i>Caenidae</i>	>10
		<i>Ephemerellidae</i>	>10
		<i>Heptageniidae</i>	>10
		<i>Leptophlebiidae</i>	>10
	Hemiptera	<i>Belostomatidae</i>	>10
		<i>Corixidae</i>	1791
		<i>Gerridae</i>	>10
		<i>Mesoveliidae</i>	>10
		<i>Nepidae</i>	>10
		<i>Notonectidae</i>	>10
		<i>Pleidae</i>	>10
	<i>Veliidae</i>	>10	
Odonata		>10	
Plecoptera		<5	
Trichoptera	<i>Hydroptilidae</i>	<5	
	<i>Leptoceridae</i>		
Williams a kol. (1996) testování světelných pastí pro odchyt vodních brouků (Dytiscidae, Hydrophilidae a Haliplidae)	Coleoptera	<i>Dryopidae</i>	x
		<i>Dytiscidae</i>	x
		<i>Gyrinidae</i>	x
		<i>Haliplidae</i>	x
		<i>Hydraenidae</i>	x
		<i>Hydrophilidae</i>	x
		<i>Noteridae</i>	x
	Diptera	<i>Chironomidae</i>	x
		<i>Culicidae</i>	x
		<i>Ceratopogonidae</i>	x
	Ephemeroptera	<i>Beatidae</i>	x
		<i>Caenidae</i>	x
	Hemiptera	<i>Belostomatidae</i>	x
		<i>Nepidae</i>	x
		<i>Corixidae</i>	x

		<i>Notonectidae</i>	x
		<i>Naucoridae</i>	x
		<i>Pleidae</i>	x
	Odonata	<i>Calopterygidae</i>	x
		<i>Coenagrionidae</i>	x
		<i>Gomphidae</i>	x
		<i>Libellulidae</i>	x
	<i>Lestidae</i>	x	
Dennett a Meisch (2001) testování světelných pastí pro odchyt vodních brouků čeledi vodomilovití (<i>Hydrophilidae</i>)	Coleoptera	<i>Hydrophilidae</i>	1355
		<i>Dytiscidae</i>	x
	Hemiptera	<i>Belostomatidae</i>	x
		<i>Notonectidae</i>	x
	Odonata		x
	Diptera	<i>Chironomidae</i>	x
Ephemeroptera		x	
Radwell a Camp (2009) testování světelných pastí s různými typy světelného zdroje (červené světlo, žluté světlo, zelené světlo, modré chemiluminiscenční světlo a bílé LED světlo)	Hydrachnida	<i>Lebertiidae</i>	132
		<i>Limnesiidae</i>	123
		<i>Hygrobatidae</i>	10
		<i>Unionicolidae</i>	213
		<i>Aturidae</i>	20
		<i>Mideopsidae</i>	157
		<i>Arrenuridae</i>	1558
	Coleoptera	<i>Dytiscidae</i>	44
	Diptera	<i>Chironomidae</i>	16
	Ephemeroptera	<i>Beatidae</i>	345
		<i>Caenidae</i>	109
		<i>Ephemerellidae</i>	33
	Plecoptera	<i>Nemouridae</i>	11
	Odonata	<i>Coenagrionidae</i>	62
		<i>Lestidae</i>	8
		<i>Libellulidae</i>	23
<i>Gomphidae</i>		51	
Hemiptera	<i>Corixidae</i>	3	
Schilling a kol. (2009) testování světelných pastí pro vodní hmyz pohybující se ve vodním sloupci	Hemiptera	<i>Notonectidae</i>	x
		<i>Corixidae</i>	x
		<i>Belostomatidae</i>	x
		<i>Nepidae</i>	x
	Coleoptera	<i>Gyrinidae</i>	x
		<i>Dytiscidae</i>	x
		<i>Haliplidae</i>	x
		<i>Hydrophilidae</i>	x
	Odonata	<i>Aeshnidae</i>	x

		<i>Libellulidae</i>	x
		<i>Coenagrionidae</i>	x
		<i>Lestidae</i>	x
	Diptera	<i>Chaoboridae</i>	x
	Ephemeroptera	<i>Ameletidae</i>	x
<i>Siphonuridae</i>		x	
Dinh (2012) testování světelných pastí pro odchyt vodních brouků	Ephemeroptera	<i>Beatidae</i>	19
	Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	1
MacDonnell a kol. (2018) testování světelných pastí s různou barvou světelného zdroje	Coleoptera	<i>Dytiscidae</i>	280
	Hemiptera	<i>Corixidae</i>	x
		<i>Belostomatidae</i>	90
		<i>Nepidae</i>	196
		<i>Notonectidae</i>	x

Pozn.: U výzkumů s označením x není počet odchycených jedinců uveden.

2.4. Selektivita vodních světelných pastí

Vědecké studie, které jsou založené na výzkumu populací pracujících s předpokladem, že zkoumaní jedinci jsou výsledkem náhodného výběru, který danou populaci reprezentuje. Ovšem past přítomná v přirozeném prostředí organismu představuje nový objekt, který vyžaduje aktivní přístup daného jedince. Dle předpokladů tak vstupují do pastí pouze odvážní a více aktivní jedinci, čímž dochází k primární selekci a vzorek tedy již nelze považovat za náhodný v pravém slova smyslu (Wilson a kol., 1993; Biro a Dingemanse, 2008).

Selektivita odchyťů však může být dále ovlivněna celou řadou faktorů. Mezi činitele ovlivňující vnik organismů do pastí lze řadit například turbiditu neboli zákal vody. Právě vlivem tohoto faktoru na efektivitu odchyťů vodního hmyzu světelnými pastmi se blíže zabýval Čihák (2017). Jako další činitelé lze uvést například teplotu vody, vlnění, průnik slunečního záření, denní dobu, hloubku vodního tělesa či predaci (Carlson, 1972; Hilsenhoff, 1985).

Selektivita pastí může být rovněž ovlivněna užitím určité barvy světelného zdroje či přidáním různých návnad (Hilsenhoff, 1985). Například Dennett a Meisch (2001) vysvětlují výskyt dravých larev *Hydrophilus triangularis* ve svých vzorcích právě díky přítomnosti larev *Tropisternus sp.*, které jsou pro dravé larvy kořisti. Jako možné vysvětlení hojného výskytu čeledi koretrovití (Chaoboridae) uvnitř světelných pastí Ringelberg (1964) udává také přítomnost kořisti, kterou v tomto případě představují hrotnatky (*Daphnia*).

Ovšem nejvíce selektivní jsou pasti z hlediska velikosti živočichů. Tento fakt je opřen o řadu výzkumů. Velikostní selektivitu pastí potvrdili například Aiken (1979) či Klečka a Boukal (2011). Aikenovy (1979) výsledky experimentů ukazují, že s rostoucí šířkou vstupního otvoru se zvyšovalo jak množství odlovených jedinců, tak i jejich průměrná velikost. Výsledky rovněž ukazují, že zachycení živočichové měli vždy menší rozměry, než byla šířka vstupního otvoru. Přestože se toto tvrzení může zdát jako triviální a jednoznačné, můžeme na jeho základě vyvodit, že žádný živočich větších rozměrů nebyl schopen vniknout do pasti silou. Klečka a Boukal (2011) ve svém porovnání odchyťových metod navíc shledali právě vodní světelnou past jako nejvíce velikostně selektivní. Velikostní selektivita pastí je navíc podpořena tím, že velikost vstupních otvorů může být různě uzpůsobena potřebám jednotlivých výzkumů.

3. Materiál a metodika

Prostřednictvím pokusů na vybraných druzích vodního hmyzu byla zjišťována selektivita odchyť těchto živočichů pomocí vodní světelné pasti.

3.1. Modelové organismy

Pro určení selektivity odchyť vodních světelných pastí bylo zvoleno několik zástupců vodního hmyzu. Modelové organismy představovali zástupci klešťanek *Sigara lateralis* (Leach, 1918) a *Corixa punctata* (Illiger, 1807) (Heteroptera: Corixidae), dále zástupci znakoplavek *Notonecta glauca* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Notonectidae), a zástupci larev koreter *Chaoborus* sp. (Diptera: Chaoboridae).

Mimo larvy koreter náleží všechny ostatní použité organismy do řádu ploštic (Heteroptera). Tělo mnohých druhů ploštic je dorsoventrálně zploštěno a často opatřeno i řadou rozmanitých postranních výrůstků. Hlava ploštic je poměrně malá a nese tykadla, která se u suchozemských a vodních druhů liší. U vodních druhů jsou tykadla krátká, uložena ve žlábcích po straně hlavy a jsou tvořena 1, 2 nebo 3, zřídka i 4 články. Vedle dobře vyvinutých složených očí jsou na hlavě ploštic navíc i dvě jednoduchá očka (ocelli). Hrudní články těla jsou vzájemně odděleny. Předohruď je pak velmi silně vyvinuta a podobně jako u brouků je i zde vytvořen velký štít (pronotum). Křídla jsou typická pro celý řád. Zpravidla jsou vyvinuty dva páry křídel. První pár je přeměněn v polokrovky (hemelytrae). Druhý pár křídel je blanitý. Polokrovky sice připomínají krovky brouků, avšak na rozdíl od nich se na letu ploštic aktivně podílejí. Končetiny jsou původně kráčivé, mohou však být různým způsobem pozměněny. U většiny vodních druhů je zadní pár nohou přeměněn ve veslovací orgán, jehož funkci navíc zesilují plovací brvy. Přední pár nohou je pak u dravých druhů zpravidla uzpůsoben k uchvacování kořisti. Vodní druhy ploštic jsou rozšířeny ve vodách tekoucích, stojatých a mohou zalétávat i do zahradních nádrží a bazénů.

Znakoplavky (Notonectidae) jsou až 16 mm dlouhé vodní organismy se silným bodcem, kterým dokáží citelně bodnout. Obývají především stojaté vody, kde se pohybují hřbetem dolů a plavou pomocí dlouhých veslovitých zadních nohou. Znakoplavky čas od času připlouvají k hladině a čerpají zde vzdušný kyslík (dýchají vzdušnicemi). Téměř celý jejich povrch těla je kryt tenkým filmem vzduchu, což způsobuje, že se ve vodě stříbřitě lesknou. V experimentu byli použiti dospělci *N. glauca* a larvy 4. – 5. instaru.

Podobné, ale menší jsou klešťanky (Corixidae). Na rozdíl od všech ostatních ploštic vystupují k hladině hlavou napřed. Tělo klešťanek je podlouhlé a bez postranních rohů na štítu. Klešťanka velká (*Corixa punctata*) patří k významným obyvatelům rybníků, nádrží, potoků a tůní, kde se nejčastěji zdržuje poblíž vegetace. Na jejím štítu se objevuje 15-20 nepravidelných světle žlutých linek, které na některých místech mohou i splývat. Klešťanka zdobená (*Sigara lateralis*) má na rozdíl od klešťanky velké na svém prodlouženém štítu 7-9 úzkých černých žilek (Javorek, 1978; Hartman a kol., 1998; Zahradník a Severa, 2004).

Posledními z modelových organismů byly larvy čeledi koretrovití (Chaoboridae) náležící do řádu dvoukřídlí (Diptera). Tyto larvy jsou dokonale přizpůsobené planktonnímu životu. Jejich tělo je sklovitě průhledné, se dvěma nápadnými tracheálními váčky, kterými také larvy regulují svou polohu ve vodním sloupci. Koretry jsou velmi odolné vůči nedostatku kyslíku a některé druhy se mohou během dne i zahrabávat do bahna. Larvy se živí dravě a svou kořist, kterou tvoří buchanky a perloočky, loví pomocí přeměněných tykadel (Borror a kol., 1954; Hartman a kol., 1998).

Všechny tyto taxony byly zachyceny ve velkém množství. Klešťanky rodu *Sigara* byly dva dny před výzkumnými pokusy odloveny pomocí ruční sítě v rybníku cca 13 km jihovýchodním směrem od Českých Budějovic. Následně byly tyto klešťanky uchovány ve velké nádrži o objemu 1 100 litrů, která byla překryta sítí, aby bylo zabráněno nežádoucímu odletu živočichů. Znakoplavky *Notonecta glauca*, klešťanky *Corixa punctata* a larvy *Chaoborus* byly loveny rovněž ruční sítí vždy v den pokusu v dostatečném množství v zahradním jezírku na experimentálním místě.

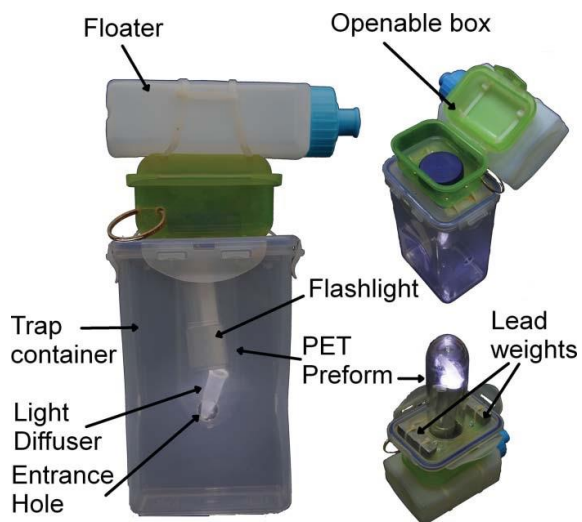
3.2. Design vodní světelné pasti

Vodní světelná past, která byla v rámci výzkumu použita (Obrázek 1) byla podrobně popsána Ditrichem a Čihákem (2017) na základě modelů světelných pastí, které byly v dřívějších studiích týkajících se odchytu vodních živočichů požívány.

Hlavní část pasti představovala průhledná plastová nádoba (Lock & Lock, Seoul, South Korea; kód produktu HPL809; velikost 137 mm x 104 mm x 185 mm; objem 1,3 l). Ve víku této nádoby byla na pevně umístěna průhledná preforma PET lahve (průměr 45 mm, délka 145 mm), která sloužila jako ochrana LED svítilny (EMOS Company, Přerov, Česká republika; kód produktu 1440093102). Jelikož byla svítilna orientována směrem dolů, byla pod ní navíc vložena prázdná bílá zkumavka typu Eppendorf o objemu 1,5 ml, která zajišťovala větší rozptyl světla. Vstupní otvory pastí byly umístěny v úrovni mikrozkušavek, asi kolem 65 mm ode dna nádoby. Průměr těchto vstupních otvorů se lišil dle velikosti cílových druhů. Pro potřeby výzkumu byly použity otvory o průměru 4 mm (*S. lateralis*, *Chaoborus* sp.) a 8 mm (larvy i dospělci *N. glauca*, *C. punctata*). Všechny boční stěny nádoby byly za použití horkovzdušné pistole prohnuty směrem dovnitř, přibližně v rozmezí 5-7 mm. Tato úprava stěn usnadňovala živočichům vstup do pasti, a naopak znesnadňovala jejich únik ven.

K horní části světelného lapače byla dále připevněna plochá prázdná plastová láhev, která ve vodních nádržích sloužila jako plovák. Mezi hlavní nádobu pasti a plovák byla navíc pro snadnější přístup k LED svítelně čtyřmi šroubky připevněna otevíratelná plastová nádoba „Klickbox“ (TVAR v. d., Pardubice, Česká republika; kód produktu 820463). Ovšem použit mohl být jakýkoliv otevíratelný box na jídlo či mýdlo. K vnitřní straně víka nádoby byla pomocí plastových vroubkovaných stahovacích pásek připevněna dvě olověná závaží (vždy 120 g), která zajišťovala polohu pasti ve vzpřímené poloze.

Všechny komponenty potřebné k sestavení výše popsané pasti jsou standardizovány a široce dostupné, což umožňuje široké užití tohoto modelu pasti ve většině částí světa.



Obrázek 1. Návrh a konstrukce vodní světelné pasti (floater = plovák; flashlight = svítilna; PET preform = preforma; trap container = sběrná nádoba; light diffuser = rozptylovač světla; entrance hole = vstupní otvor; openable box = otevíratelná nádoba; lead weights = olověná závaží), převzato z Ditrich a Čihák (2017).

3.3.Design experimentu

Pokusy byly prováděny v pěti různých časových obdobích na vzdělávací zahradě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (48 58032.18200N, 14 26054.21800E). Prvním experimentálním obdobím byl konec září roku 2015, výzkumy pak dále pokračovaly v polovině října 2015, v polovině listopadu 2015, na konci června 2016 a posledním experimentálním obdobím byla polovina září roku 2016.

Pro potřeby daného experimentu bylo však nezbytné získat velké množství modelových organismů. Klešťanky rodu *Sigara* byly odchyceny v dostatečném množství na rybníce v oblasti Ledenic, 13 km jihovýchodně od Českých Budějovic. Tyto klešťanky byly následně uchovány v nádrži o objemu 1,1 m³, odkud byly odebírány pro jednotlivé experimenty. Druhy *Notonecta glauca*, *Corixa punctata* a larvy rodu *Chaoborus* byly odloveny v zahradním jezírku na experimentální zahradě v potřebném množství vždy v den dílčího experimentu.

Na zahradu byly dále připraveny čtyři obdélníkové kádě o rozměrech 120 cm x 80 cm x 60 cm, které byly naplněny vodou do objemu 0,4 m³. Jednotlivé nádrže se lišily různým množstvím rozmíchaného jílu, tedy různou úrovní turbidity. Pro další podrobnosti ohledně vlivu turbidity na efektivitu odchytu modelových organismů možno nahlédnout do Čihák, 2017. Pro potřebu experimentů byly dále zhotoveny sítě s oky o rozměrech 1 mm, které kopírovaly vnitřní prostor nádrží. Tyto jemné sítě byly na dně kádí navíc zatěžkány menšími kameny tak, aby nedocházelo ke snižování původního objemu nádrží. Užití těchto sítí výrazně zjednodušovalo manipulaci při vybírání, a především sčítání modelových organismů, které se během sledovaného období do světelných pastí nezachytily. Nádrže byly navíc na své svrchní straně zabezpečeny sítí tak, aby nedocházelo k úniku organismů či naopak, aby nemohli jiní nežádoucí živočichové do kádí vniknout. Každá nádrž pak byla dále vybavena třemi umělými rostlinami, které zde simulovaly vodní vegetaci sloužící jako úkryt pro řadu živočichů.

Na začátku každé dílčí experimentální noci byl do jednotlivých nádrží umístěn stejný počet vzorků (experimentálních organismů). Dále byla do každé nádrže vložena také jedna vodní světelná past. Vodní světelné pasti byly pak vybírány v ranních hodinách následujícího dne. Doba pokusu (od vhození pastí po jejich vybrání) tedy činila vždy přibližně 12 hodin.

Pro každý dílčí experiment byl použit nový soubor jedinců, jelikož jak zachycení, tak i nezachycení jedinci byli vždy uchováni ve vzorkovnicích se 70 % ethanolem pro následnou determinaci.



Obr. 2: Nádrž vyložená jemnou sítí a zatěžkána drobnými kameny, foto Petr Čihák.



Obr. 3: Experimentální nádrže s nasimulovanou vodní vegetací, foto Petr Čihák.



Obr. 4: Vodní světelná past v průběhu experimentu, foto Petr Čihák.

3.4. Analýza dat

Dílčí i celkové úspěšnosti odchyty jednotlivých druhů v různých úrovních turbidity byly zpracovány formou přehledné tabulky. Dílčí efektivity odchyty byly potom zpracovány ANOVOU opakovaných měření (Repeated measures ANOVA) s druhem jako kategoriální proměnnou a úrovní turbidity jako opakovanou proměnnou. Hladina významnosti byla stanovena jako $\alpha = 0,05$, analýza byla provedena softwarem Statistica 13 (Tibco software, CA, USA).

4. Výsledky

Experimenty pro stanovení selektivity odchyty vodního hmyzu světelnou pastí byly provedeny v pěti různých časových obdobích. Do jednotlivých nádrží (A, B, C, D) byl vždy vložen určitý počet modelových organismů a dále také vodní světelná past. Pasti byly v nádržích ponechány přes noc, vybrány v ranních hodinách následujícího dne a počty odchycených druhů byly zaznamenány do tabulky. Výsledky odchytů každého dílčího experimentu jsou uvedeny v tabulce č. 2. Průměrné míry odchyty jednotlivých modelových organismů jsou pak uvedeny v tabulce č. 3.

Tabulka č.2: Přehled počtu odlovených modelových organismů.

Datum	Varianta nádrže	Druh	Celkový počet jedinců v experimentu	Počet odchycených jedinců	Míra odchyty
22.09.15	A	<i>Sigara lateralis</i>	100	43	43,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	4	4,0%
	B	<i>Sigara lateralis</i>	100	78	78,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	22	22,0%
	C	<i>Sigara lateralis</i>	100	76	76,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	0	0,0%
	D	<i>Sigara lateralis</i>	100	78	78,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	1	1,0%
23.09.15	A	<i>Sigara lateralis</i>	100	69	69,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	3	3,0%
	B	<i>Sigara lateralis</i>	100	68	68,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	0	0,0%
	C	<i>Sigara lateralis</i>	100	36	36,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	0	0,0%
	D	<i>Sigara lateralis</i>	100	81	81,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	1	1,0%
24.09.15	A	<i>Sigara lateralis</i>	40	23	57,5%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	7	7,0%
	B	<i>Sigara lateralis</i>	40	36	90,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	4	4,0%
	C	<i>Sigara lateralis</i>	40	15	37,5%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	6	6,0%
	D	<i>Sigara lateralis</i>	40	24	60,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	2	2,0%

25.09.15	A	<i>Sigara lateralis</i>	100	77	77,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	0	0,0%
	B	<i>Sigara lateralis</i>	100	88	88,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	3	3,0%
	C	<i>Sigara lateralis</i>	100	79	79,0%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	0	0,0%
D	<i>Sigara lateralis</i>	100	51	51,0%	
	<i>Chaoborus sp.</i>	100	5	5,0%	
16.10.15	A	<i>Sigara lateralis</i>	40	24	60,0%
	B	<i>Sigara lateralis</i>	40	28	70,0%
	C	<i>Sigara lateralis</i>	40	14	35,0%
	D	<i>Sigara lateralis</i>	40	25	62,5%
17.10.15	A	<i>Sigara lateralis</i>	70	38	54,3%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	18	18,0%
	B	<i>Sigara lateralis</i>	70	47	67,1%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	5	5,0%
	C	<i>Sigara lateralis</i>	70	39	55,7%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	4	4,0%
D	<i>Sigara lateralis</i>	70	34	48,6%	
	<i>Chaoborus sp.</i>	100	0	0,0%	
18.10.15	A	<i>Sigara lateralis</i>	40	31	77,5%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	22	22,0%
	B	<i>Sigara lateralis</i>	40	17	42,5%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	4	4,0%
	C	<i>Sigara lateralis</i>	40	29	72,5%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	3	3,0%
D	<i>Sigara lateralis</i>	40	40	100,0%	
	<i>Chaoborus sp.</i>	100	2	2,0%	
19.10.15	A	<i>Sigara lateralis</i>	40	21	52,5%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	5	5,0%
	B	<i>Sigara lateralis</i>	40	19	47,5%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	2	2,0%
	C	<i>Sigara lateralis</i>	40	27	67,5%
		<i>Chaoborus sp.</i>	100	3	3,0%
D	<i>Sigara lateralis</i>	40	16	40,0%	
	<i>Chaoborus sp.</i>	100	0	0,0%	
17.11.15	A	<i>Notonecta glauca</i> *	16	3	18,8%
	B	<i>Notonecta glauca</i> *	16	1	6,3%
	C	<i>Notonecta glauca</i> *	16	1	6,3%
	D	<i>Notonecta glauca</i> *	16	2	12,5%

18.11.15	A	<i>Notonecta glauca</i> *	16	6	37,5%
	B	<i>Notonecta glauca</i> *	16	5	31,3%
	C	<i>Notonecta glauca</i> *	16	6	37,5%
	D	<i>Notonecta glauca</i> *	16	4	25,0%
20.06.16	A	<i>Notonecta glauca</i> *	10	5	50,0%
		<i>Notonecta glauca</i> **	20	15	75,0%
	B	<i>Notonecta glauca</i> *	10	6	60,0%
		<i>Notonecta glauca</i> **	20	13	65,0%
	C	<i>Notonecta glauca</i> *	10	7	70,0%
		<i>Notonecta glauca</i> **	20	11	55,0%
	D	<i>Notonecta glauca</i> *	10	9	90,0%
		<i>Notonecta glauca</i> **	20	11	55,0%
21.06.16	A	<i>Notonecta glauca</i> *	15	8	53,3%
		<i>Notonecta glauca</i> **	15	9	60,0%
	B	<i>Notonecta glauca</i> *	15	5	33,3%
		<i>Notonecta glauca</i> **	15	8	53,3%
	C	<i>Notonecta glauca</i> *	15	10	66,7%
		<i>Notonecta glauca</i> **	15	11	73,3%
	D	<i>Notonecta glauca</i> *	15	4	26,7%
		<i>Notonecta glauca</i> **	15	11	73,3%
22.06.16	A	<i>Notonecta glauca</i> *	15	6	40,0%
		<i>Notonecta glauca</i> **	9	1	11,1%
	B	<i>Notonecta glauca</i> *	15	11	73,3%
		<i>Notonecta glauca</i> **	9	8	88,9%
	C	<i>Notonecta glauca</i> *	15	12	80,0%
		<i>Notonecta glauca</i> **	9	5	55,6%
	D	<i>Notonecta glauca</i> *	15	8	53,3%
		<i>Notonecta glauca</i> **	9	7	77,8%
23.06.16	A	<i>Notonecta glauca</i> *	20	13	65,0%
		<i>Notonecta glauca</i> **	8	8	100,0%
	B	<i>Notonecta glauca</i> *	20	9	45,0%
		<i>Notonecta glauca</i> **	8	6	75,0%
	C	<i>Notonecta glauca</i> *	20	11	55,0%
		<i>Notonecta glauca</i> **	8	6	75,0%
	D	<i>Notonecta glauca</i> *	20	13	65,0%
		<i>Notonecta glauca</i> **	8	7	87,5%
12.09.16	A	<i>Notonecta glauca</i> *	20	5	25,0%
		<i>Corixa punctata</i>	5	3	60,0%
	B	<i>Notonecta glauca</i> *	20	11	55,0%
		<i>Corixa punctata</i>	5	5	100,0%

	C	<i>Notonecta glauca</i> *	20	4	20,0%
		<i>Corixa punctata</i>	5	3	60,0%
	D	<i>Notonecta glauca</i> *	20	2	10,0%
		<i>Corixa punctata</i>	5	5	100,0%
13.09.16	A	<i>Notonecta glauca</i> *	20	8	40,0%
		<i>Corixa punctata</i>	5	5	100,0%
	B	<i>Notonecta glauca</i> *	20	3	15,0%
		<i>Corixa punctata</i>	5	5	100,0%
	C	<i>Notonecta glauca</i> *	20	7	35,0%
		<i>Corixa punctata</i>	5	5	100,0%
	D	<i>Notonecta glauca</i> *	20	7	35,0%
		<i>Corixa punctata</i>	5	4	80,0%
14.09.16	A	<i>Notonecta glauca</i> *	20	3	15,0%
		<i>Corixa punctata</i>	7	7	100,0%
	B	<i>Notonecta glauca</i> *	20	7	35,0%
		<i>Corixa punctata</i>	7	7	100,0%
	C	<i>Notonecta glauca</i> *	20	6	30,0%
		<i>Corixa punctata</i>	7	6	85,7%
	D	<i>Notonecta glauca</i> *	20	2	10,0%
		<i>Corixa punctata</i>	7	6	85,7%
15.09.16	A	<i>Notonecta glauca</i> *	20	10	50,0%
		<i>Corixa punctata</i>	5	3	60,0%
	B	<i>Notonecta glauca</i> *	20	8	40,0%
		<i>Corixa punctata</i>	5	5	100,0%
	C	<i>Notonecta glauca</i> *	20	6	30,0%
		<i>Corixa punctata</i>	5	3	60,0%
	D	<i>Notonecta glauca</i> *	20	9	45,0%
		<i>Corixa punctata</i>	5	4	80,0%

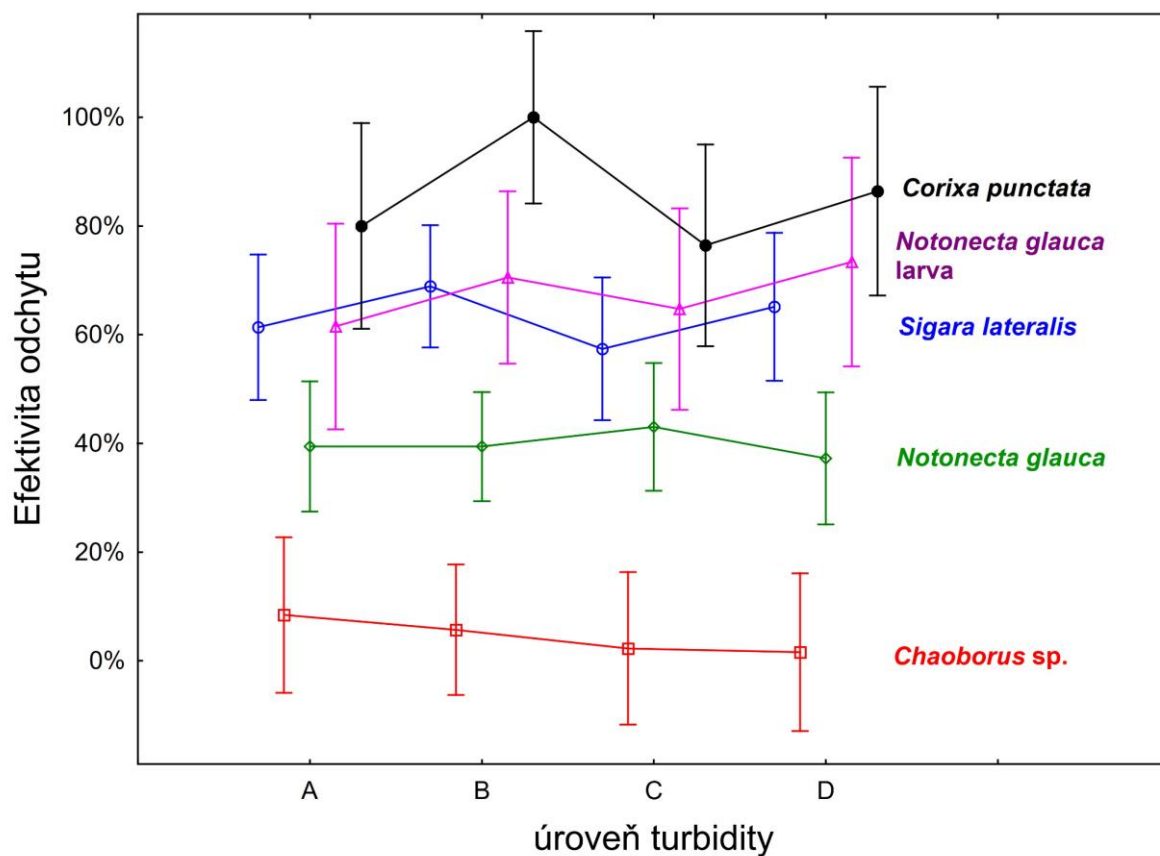
Pozn.: * dospělec; ** larva.

Tabulka č.3: Průměrná míra odchyту jednotlivých modelových organismů.

Druh	Průměrná míra odchyту
<i>Sigara lateralis</i>	63,20%
<i>Corixa punctata</i>	85,70%
<i>Notonecta glauca</i> *	39,80%
<i>Notonecta glauca</i> **	67,60%
<i>Chaoborus sp.</i>	4,50%

Pozn.: * dospělec; ** larva.

Při analýze rozdílů efektivity odchyту mezi jednotlivými druhy byl zjištěn statisticky významný vliv druhu, resp. vývojového stadia u znakoplavky *N. glauca*. Nejmenší efektivita odchyту byla zjištěna u koretry *Chaoborus sp.*, kde se obvykle chytalo do světelných pastí méně než 10 % jedinců. Konzistentní efektivita odchyту cca 40 % platila pro dospělé *N. glauca*. Mezi 60 – 70 % se většinou pohybovala efektivita odchyту larev znakoplavky *N. glauca* a klešťanky *S. lateralis*, nejvyšší efektivita odchyту, více než 87 %, byla u klešťanky *Corixa punctata* (obr. 5). Efekt druhu byl statisticky průkazný ($F_{4, 28} = 38,42$; $p < 10^{-10}$). Efekt turbidity ani interakce mezi druhem a turbiditou průkazné nebyly ($F_{3, 84} = 1,67$; $p = 0,18$; resp. $F_{12, 84} = 0,74$; $p = 0,71$). Post-hoc Tukeyho mnohonásobné porovnání rozdílů mezi jednotlivými druhy ukázalo průkazné rozdíly mezi koretou *Chaoborus sp.* a všemi ostatními druhy (všechna $p < 10^{-3}$) i mezi dospělci znakoplavky *N. glauca* a všemi ostatními druhy (všechna $p < 10^{-2}$). Rozdíly mezi larvami *N. glauca* a oběma klešťankami (*S. lateralis*, *C. punctata*) průkazné nebyly (obě $p > 0,24$), rozdíl mezi klešťankami *S. lateralis* a *C. punctata* byl na hranici průkaznosti ($p = 0,04$).



Obr. 5. Celková průměrná efektivita odchyty zájmových druhů v různých úrovních turbidity. Vliv druhu byl průkazný, zatímco vliv turbidity se nepodařilo prokázat. Vertikální úsečky označují 95% konfidenční interval.

5. Diskuze

Výsledky získané v rámci experimentu potvrzují, že vodní světelné pasti představují velmi efektivní metodu pro sběr vodního hmyzu. Vysoká míra efektivity odchyť se projevuje zejména u vodních ploštic, což navíc dokumentuje i celá řada výzkumů zabývajících se touto tematikou. Efektivitu odchyť vodních ploštic, zejména čeledí *Corixidae*, *Notonectidae*, *Belostomatidae*, *Nepidae*, *Pleidae* a také *Veliidae* potvrzuje nejen rozsáhlá studie H. B. Hungerforda (1955), ale také Washino a Hokama (1968), Engelmann a Tobish (1972), Engelman (1974), Apperson a Dennis (1976) či Aiken (1979). Naopak méně efektivní se vodní světelné pasti ukázaly v odchyť larev dvoukřídleho hmyzu *Chaoborus* sp., Tato skutečnost může být vysvětlena kupříkladu jejich nižší aktivitou (Wright a O'Brien, 1982).

Při analýze výsledků experimentu tak cílové druhy vytvořily tři skupiny druhů: a) druh s nízkou pravděpodobností odchyť (koretra *Chaoborus* sp.), skupina se střední pravděpodobností odchyť (dospělci znakoplavky *N. glauca*) a skupina druhů s vysokou pravděpodobností odchyť (klešťanky *C. punctata*, *S. lateralis* a larvy znakoplavky *N. glauca*). Je ovšem možné, že nižší efektivita odchyť dospělců *N. glauca* ve srovnání s larvami i dalšími vodními plošticemi může být způsobena vyšší mírou úniku z pasti (Ditrich a Čihák, 2017).

Provedené experimenty ukázaly, že pro odchyť klešťanek *Sigara lateralis*, *Corixa punctata* a pro odchyť znakoplavek *Notonecta glauca* jsou vodní světelné pasti vhodnou metodou. Vysoká míra odchyť těchto druhů však odpovídá použitému experimentálnímu designu. Je totiž nanejvýš jasné, že v přirozených vodních stanovištích by míra odchyť, vzhledem k jejich velikosti výrazně klesla. Nicméně testování ve větších objemech vody by bylo extrémně náročné až neproveditelné.

Výsledky rovněž poukazují na to, že užitý experimentální design byl zvolen vhodně. U pastí s takovou rozmanitostí odchyť by se totiž konkrétní konstrukce pasti měla odvíjet od cílové skupiny chytaného hmyzu jakožto i velikost vstupních otvorů by měla odpovídat rozměrům zvolené skupiny. Ovšem do budoucna by bylo vhodné zařadit do experimentů větší množství druhů vodního hmyzu – další larvy skupiny dvoukřídla (Diptera) a zejména různé druhy vodních brouků (Coleoptera: Dytiscidae, Haliplidae, Hydrophilidae a další).

6. Závěr

Z výsledků výzkumu vyplynulo, že různé druhy vodního hmyzu jsou na světlo chytány s různou mírou efektivity. Do pastí bylo průměrně odchyceno 85,7 % klešťanek *Corixa punctata*, 67,5 % larev znakoplavek *Notonecta glauca*, 63,2 % klešťanek *Sigara lateralis*, 39,8 % dospělců znakoplavek *Notonecta glauca* a 4,5 % larev *Chaoborus sp.* Vysoká míra odchytu se tedy prokázala u modelových zástupců vodních ploštic, nikoliv však u larev dvoukřídlého hmyzu rodu *Chaoborus*.

7. Použitá literatura

- Aiken R. B., 1979: A size selective underwater light trap. *Hydrobiologia*, 65, 65-68.
- Barr D., 1979: Water mites (Acari, Parasitengona) sampled with chemiluminescent bait in underwater traps. *International Journal of Acarology*, 5, 187-194.
- Baylor E. R., Smith F. E., 1953: A physiological light trap. *Ecology*, 34, 223-224.
- Bendell B. E., McNicol D. K., 1987: Fish predation, lake acidity and the composition of aquatic insect assemblages. *Hydrobiologia* 150, 193-202.
- Benešová E., 1987: Srovnání výsledků entomofaunistického průzkumu dosažených metodou světelné pasti a klasickou metodou. Diplomová práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 89 s.
- Bertram D. S., Varma M. G. R., Page R. C., Heathcote O. H. V., 1970: A betalight trap for mosquito larvae. *J. Med. Entomol*, 7, 267-270.
- Biro P. A., Dingenmanse N. J., 2008: Sampling bias resulting from animal personality. *Trends in Ecology and Evolution*, 24, 66-67.
- Borror D. J., DeLong D. M., Triplehorn Ch. A., 1954: An introduction to the study of insects. Fourth edition. United States of America, 788 s.
- Brown A. G. Jr., 1976: An inexpensive aquatic light trap for sampling mosquito larvae. *Calif. Vector Views*, 23, 4-6.
- Brönmark Ch., Hansson L-A., 2005: The biology of lakes and ponds. Oxford University Press, New York. 337 s.
- Carlson D., 1971: A Method fo Sampling Larval and Emergign Insects Using an Aquatic Black Light Trap. *The Canadian Entomologist*, 103, 1365-1369.
- Carlson D., 1972: Comparative value of black light and cool white lamps in attracting insects to aquatic Traps. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 45, 194-199.
- Carter C. I., Paramonov A., 1965: A simple light trap for aquatic insects. *Proc. Trans. S. London Entmol. Nat. Hist. Soc.*, 9, 84-85.

Collier K. J., Probert P. K., Jeffries M., 2016: Conservation of aquatic invertebrates: concerns, challenges and conundrums. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26, 817-837.

Cowan T., Gries G., 2009: Ultraviolet and violet light: attractive orientation cues for the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 148-158.

Čeloudová M., 2009: Prostorová distribuce vodních ploštic (Heteroptera: Nepomorpha) v rybářsky obhospodařovaných rybnících: odhad a srovnání na základě výsledků dosažených klasickou metodou odchyty (cedníkem) a metodou světelných pastí. Diplomová práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 68 s.

Černá L., 2009: Srovnání výsledků užití vybraných metod odchyty při studiu taxocenu vodních ploštic (Heteroptera: Nepomorpha). Diplomová práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 103 s.

Čihák P., 2017: Vliv turbidity vody na efektivitu odchyty vodního hmyzu světelnou pastí. Bakalářská práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 49 s.

Darwall W., Seddon M., Clausnitzer V., Cumberlidge N., 2012: Freshwater invertebrate life. In *Spineless: Status and Trends of the World's Invertebrates*, Collen B., Böhm M., Kemp R., Baillie J. E. M. (eds): Zoological Society of London: London, 26-32.

Dennett J. A., Meisch M. V., 2001: An aquatic light trap designed for live capture of predatory *Tropisternus sp.* (Coleoptera: Hydrophilidae) larvae in Arkansas rice fields. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 17, 268-271.

Dinh T. E. N., 2012: The Effectiveness of 2 - Litre Bottle Light Traps in Collecting Aquatic Beetles (Insecta: Coleoptera) and Other Aquatic Insects on the Island of Dominica. Department of Entomology, Texas A&M University, College Station, 6 s.

Ditrich T., Čihák P., 2017: Efficiency of subaquatic light traps. *Aquatic Insects. International Journal of Freshwater Entomology*, 38, 171-184 s.

Ditrich T., Čihák P., Bohdalová M., Liebl L., 2017: Efektivita vodních světelných pastí na odchyt vodního hmyzu. In: Bryja J., Horsák M., Horsáková V., Řehák Z., Zukal J. (Eds): *Zoologické dny Brno 2017. Sborník abstraktů z konference 9. – 10. února 2017*, 254 s.

- Engelmann H. D., Tobisch S., 1972: Fangergebnisse mit einer Unterwasser-Lichtfalle. *Naturkundemus*, 47, 27-31.
- Engelmann H. D., 1974: Lichtfang unter Wasser. *Folia Entomologica Hungarica*, 27, 173-176.
- Erwin J. L., Haines T. A., 1972: Using light to collect and separate zooplankton. *Fish Culturist*, 34, 171-174.
- Espinosa L. R., Clark W. E., 1972: A polypropylene light trap for aquatic invertebrates. *Fish & Game*, 58, 149-152.
- Gregušová K., 2012: Vodní bezobratlí jako potrava vodních ptáků v ekosystémech stojatých vod. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno, 39 s.
- Hampton S. E., Friedenber N. A., 2001: Nocturnal increases in the use of near surface water by pond animals. *Hydrobiologia*, 477, 171-179.
- Hartman P., Příkryl I., Štědranský E., 1998: *Hydrobiologie*. Praha: Informatorium, 335 s.
- Henrikson L., Oscarson H., 1978: A quantitative sampler for air-breathing aquatic insects. *Freshwater Biology*, 8, 73-77.
- Hilsenhoff W. L., Tracy B. H., 1985: Techniques for Collecting Water Beetles from Lentic Habitats. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 137, 8-11.
- Hollan J., 2004: Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území České republiky. [cit. 6. 2. 2018]. Dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/noc/old/zprava_noc.pdf
- Hungerford H. B., Spangler P. J., Walker N. A., 1955: Subaquatic Light Traps for Insects and Other animal Organisms. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 58, 387-407.
- Husbands R. C., 1967: A subsurface light trap for sampling aquatic insect populations. *Vector Views*, 14, 81-82.

- Cho K-S., Lee H-S., 2012: Visual preference of diamondback moth, *Plutella xylostella*, to light-emitting diodes. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 681-684.
- Javorek V., 1978: Kapesní atlas ploštic a křísů. Státní pedagogické nakladatelství Praha, 398 s.
- Kalff J., 2002: *Limnology: Inland Water Ecosystem*. Upper Saddle River, N. J.: Prentice Hall, 592 s.
- Karaouzas I., Gritzalis K., 2006: Local and regional factors determining aquatic and semi-aquatic bug (Heteroptera) assemblages in rivers and streams of Greece. *Hydrobiologia*, 573, 199-212.
- Karas J., 2010: Mechanismy a význam vnímání polarizovaného světla u živočichů. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno, 33 s.
- Kim M-G., Lee H-S., 2014: Phototactic behavior 5: Attractive effects of the angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella*, to light-emitting diodes. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 259-262.
- 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.
- Klečka J., Boukal D. S., 2012: Who eats whom in a pond? A comparative study of prey selectivity by predatory aquatic insects. [cit. 5. 2. 2018]. Dostupné z: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0037741>
- Kodrík D., 2004: Fyziologie hmyzu učební texty. Entomologický ústav Akademie věd České republiky a Biologická fakulta, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, str. 159-161.
- Lepil O., Kupka Z., Jirsa M., 1995: Fyzika pro gymnázia: Optika. Prometheus, 2010, 206 s.
- Lohrer A. M., Thrush S. F., Gibbs M. M., 2004: Bioturbators enhance ekosystém
- Macadam C. R., Stockan J. A., 2015: More than just fish food: ecosystem services provided by freshwater insects. *Ecological Entomology*, 40, 113-123.

MacDonnell M., Taylor B. R., Lauff R. F., 2018: Chemical light sticks as bait to trap predaceous aquatic insects: effect of light colour. St. Francis Xavier University, Nova Scotia, Canada, 22 s.

Newhouse S. A., Stahl J. R., 2000: A Comparison of the Mid-Water Planktonic Invertebrate Communities of Eagle Creek, Geist and Morse Reservoirs in Central Indiana Using Underwater Light Trapping. Indiana Department of Environmental Management, Biological Studies Section, 26 s.

Nikolaeva N. E., 2005: Possibilities of using LEDs (LED) as a source of light in an underwater light trap for studying hydrobionts. *A Series of Biology and Ecology*, 4, 103-107.

Nikolaeva N. E., 2007: A comparative analysis of the effectiveness of three models of underwater light traps for the collection and study hydrobionts. *A Series of Biology and Ecology*, 21, 119-123.

Nikolaeva N. E., 2008: Analysis of Freshwater Invertebrate Fauna, Caught in Underwater Light-Trap. *A Series of Biology and Ecology*, 7, 95-105.

Nikolaeva N. E., 2015: Species Composition of the Freshwater Invertebrates, Collected by Underwater Light-Traps. *A Series of Biology and Ecology*, 3, 109-124.

O'Connor Á., Bradish S., Reed T., Moran J., Regan E., Visser M., Gormally M., Skeffington M. S., 2004: A comparison of the efficacy of pond-net and box sampling methods in turloughs – Irish ephemeral aquatic systems. *Hydrobiologia* 524, 133-144.

Palumbi S. R., Sandifer P. A., Allan J. D., Beck M. W., Fautin D. G., Fogarty M. J., Halpern B. S., Incze L. S., Leong J-A., Norse E. a kol., 2009: Managing for ocean biodiversity to sustain marine ecosystem services. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 204-211.

Papáček M., Čeloudová M., Černá L., Ditrich T., 2009: Methodological approach to the study of water bug taxocenoses (Heteroptera: Nepomorpha): hand net sampling versus light trapping. S 66-69. In Soldán T., Papáček M., Boháč J. (eds): *Communications and Abstracts, SIEEC 21, June 28 – July 3, 2009*. University of South Bohemia, České Budějovice, 96 s.

- Pavlicová L., 2016: Efektivita a využití různých metod studia společenstev nočních motýlů. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 37 s.
- Petrucha M., 2011: Vliv světelného znečištění na životní prostředí. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, 57 s.
- Pieczynski E., 1962: Notes on the use of light traps for water mites (Hydracarina). *Série des Sciences Biologiques*, 10, 421-424.
- Pingram M. A., Collier K. J., Hicks B. J., Hamilton D. P., David B. O., 2014: Spatial and temporal patterns of carbon flow in a temperate, large river food web. *Hydrobiologia*, 729, 107-131.
- Polhemus J. T., Polhemus D. A., 2008: Global diversity of true bugs (Heteroptera; Insecta) in freshwater. *Freshwater Animal Diversity Assessment*. Balian E. V., Lévêque C., Segers H., Martens K. (eds): Dordrecht, Springer Netherlands, 379-391.
- Radwell A. J., Camp N. B., 2009: Comparing Chemiluminescent and LED Light for Trapping Water Mites and Aquatic Insects. *Southeastern Naturalist*, 8, 733-738.
- Ringelberg J., 1964: The positively phototactic reaction of *Daphnia magna* Straus, a contribution to the understanding of diurnal vertical migration. *Netherlands Journal of Sea Research*, 2, 319-406.
- Rossaro B., Marziali L., Cardoso A. C., Solimini A., Free G., Giacchini R., 2007: A biotic index using benthic macroinvertebrates for Italian lakes. *Ecological Indicators*, 7, 412-429.
- Rozkošný R., 1980: Klíč vodních larev hmyzu. Academia, nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 521 s.
- Sharma R. C., Rawat J. S., 2009: Monitoring of aquatic macroinvertebrates as bioindicator for assessing the health of wetlands: a case study in the Central Himalayas, India. *Ecological Indicators*, 9, 118-128.
- Schilling E. G., Loftin C. S., Huryn A. D., 2009: Macroinvertebrates as indicators of fish absence in naturally fishless lakes. *Freshwater Biology*, 54, 181-202.
- Schubert A., Lellák J., 1973: Život ve sladkých vodách. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 285 s.

- Smrž J., 2015: Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů. Charles University in Prague, Karolinum Press, 194 s.
- Streams F. A., 1992: Age-dependent foraging depths of two species of *Notonecta* (Heteroptera: Notonectidae) breeding together in a small pond. *Aquatic Insects*, 14, 183-191.
- Sublette, J. E., Dendy J. S., 1959: Plastic materials for simplified tent and funnel traps. *S.W. Natur*, 3, 220-223.
- Sun Y-X., 2014: Phototaxis of *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Olethreutidae) to Different Light Sources. *Journal of economic entomology*, 1792-1799.
- Sychra J., Adámek Z., Petřivalská K., 2010: Distribution and diversity of littoral macroinvertebrates within extensive reed beds of a lowland pond. *Ann. Limnol. – Int. J. Lim.* 46: 281-289.
- Šalandová P., 2011: Vliv zkušenosti na frekvenčně závislou potravní selektivitu dravého hmyzu. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 34 s.
- Šalandová P., 2014: Fenotypová plasticita vybraných druhů vodního hmyzu. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 63 s.
- Taylor J. S., McPherson J. E., 2000: Comparison of two population sampling methods noted in field life history studies of *Mesovelia mulsanti* (Heteroptera: Gerromorpha: Mesoveliidae) in Southern Illinois. *The Great Lakes Entomologist*, 33, 223-230.
- Ward J. V., 1992: *Aquatic Insect Ecology. 1. Biology and Habitat.* John Wiley & Sons, Inc., New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 456 s.
- Washino R. K., Hokoma Y., 1968: Quantitative Sampling of Aquatic Insects in a Shallow-Water Habitat. *Scientific Notes*, 61, 785-786.
- Weber R. G., 1985: An aquatic light trap for possible use in mosquito larvae surveillance. *New Jersey Mosquito Control Association*, 72, 122-125.
- Weber R. G., 1987: An underwater light trap for collecting bottom-dwelling aquatic insects. *Entomological News*, 98, 246-247.

- Williams R. N., Ellis M. S., Fickle D. S., 1996: Insects in the Killbuck Marsh Wildlife Area, Ohio: 1994 Survey. *The Ohio Journal of Science*, 96, 34-40.
- Wilson D. S., Coleman K., Clarke A. B., Biederman L., 1993: Shy-bold continuum in pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*): An aecological study of a psychological trait. *Journal of Comparative Psychology*, 107, 250-260.
- Wright D., O'Brien W., 1982: Differential location of Chaoborus larvae and Daphnia by fish: The Importance of motion and visible size, *The American Midland Naturalist*, 108, 68-73.
- Zahradník J., Severa F., 2004: Hmyz. Praha: Aventinum, 326 s.
- Zalom F. G., Grigarick A. A., Way M. O., 1980: Habits and relative population densities of some hydrophilids in California rice fields. *Hydrobiologia*, 75, 195-200.
- Zalom F. G., 1981: Interactions potentially affecting the seasonal abundance of selected aquatic invertebrates in a rice field habitat. *Hydrobiologia*, 80, 251-255.
- Zismann L., 1969: A light-trap for sampling aquatic organisms. *Isr. J. Zool.*, 18, 343-348.