



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

# Vliv velikosti vstupního otvoru a délky expozice vodní světelné pasti na efektivitu odchyту vodního hmyzu

Vypracoval: Lukáš Liebl  
Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Ditrich, Ph.D.

České Budějovice 2020

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

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své 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.

Datum.....

Podpis studenta.....

Lukáš Liebl

### **Poděkování**

Rád bych zde poděkoval svému školiteli RNDr. Tomáši Ditrichovi, Ph.D. za jeho odborné vedení práce, za jeho vstřícnost, rady a zejména čas, který mi po celou dobu jak během experimentů, tak i konzultací věnoval. Dále bych rád poděkoval rovněž Bc. Markétě Bohdalové a Bc. Petru Čihákovi za pomoc při experimentech. Velký dík patří i mé rodině za podporu a především za trpělivost během zpracování této bakalářské práce.

## **Abstrakt**

**Liebl L., 2020: Vliv velikosti vstupního otvoru a délky expozice vodní světelné pasti na efektivitu odchyty vodního hmyzu.**

**Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, Katedra biologie, 47s.**

Tato bakalářská práce se zabývá odchytem vodního hmyzu za použití vodní světelné pasti. Hlavním cílem této práce je detailně určit, jakou měrou je ovlivněna efektivita odchyty vodního hmyzu v závislosti na dvou hlavních faktorech - velikosti vstupních otvorů pasti a času, po který je past vystavena ve vodě v denní fázi (po odchyty v noci). Výsledkem této práce je stanovení, jaká velikost vstupních otvorů je pro odchyt vodního hmyzu optimální, jak tato velikost ovlivňuje unikání jedinců z pasti ven a zda se na unikovosti projevuje doba, po kterou je past umístěna ve vodě.

Pokusy byly prováděny na školní výukové zahradě Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích na podzim 2015 a v létě 2016 za použití vodních světelných pastí s otvory různých velikostí a jako modelové organismy byly použity zástupci vodního hmyzu z čeledí klešťankovití (Corixidae), koretrovití (Chaoboridae) a znakoplavkovití (Notonectidae).

Z výsledků bylo zjištěno, že velikost vstupního otvoru i délka expozice pasti mají vliv na efektivitu odchyty. Velikost vstupních otvorů by měla být přizpůsobena cílové skupině živočichů. Rovněž bylo zjištěno, že je potřeba snížit dobu expozice pasti ve dne, po nočním odlovu, na minimum. V případě použití více pastí by výsledky měly být korigovány podle rozdílné doby vylovení.

### **Klíčová slova:**

vodní hmyz, světelná past, efektivita odchyty, míra unikovosti

## **Abstract**

**Liebl L., 2020: Efficiency of subaquatic light traps depending on a size of entrance hole and time of exposure.**

**Bachelor thesis. University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Education, Department of biology, 47 pp.**

This bachelor thesis examines the capture of aquatic insects, using the subaquatic light trap method. The aim of this thesis is to determine in depth the extent of effectiveness of aquatic insects capture depending on two major factors. The size of the trap's entrance holes and the daylight exposure time (after the night capture). The result of this theses is the assessment of what size of the entrance holes is optimal for the capture of aquatic insects and how this entrance size affects the escape rate of individuals out of the trap. Moreover, the study examines whether the escape rate is affected by the exposure time of the light trap in the water.

The experiments were conducted in the school educational garden of the Faculty of Education of the University of South Bohemia in České Budějovice during autumn 2015 and summer 2016, using aquatic light traps with different entrance hole sizes. As model organisms representatives were used species of water insect families Corixidae, Chaoboridae and Notonectidae.

The conclusion of this thesis is that the entrance size as well as the daylight exposure time of the light trap influences the capture efficiency. The entrance size should be adjusted to the specific species of the water insects. It was also established, that it is necessary to minimize the daylight exposure time after night catch. If more traps are used, the results should be adjusted according to the different trap removal time.

### **Keywords:**

aquatic insects, light trap, capture rate efficiency, escape rate

## Obsah

1. Úvod.....	7
2. Literární přehled.....	8
2.1. Způsoby odchyty vodního hmyzu.....	8
2.2. Historie užívání a konstrukce vodních světelných pastí.....	9
3. Materiál a metodika práce.....	18
3.1. Modelové organizmy.....	18
3.2. Vodní světelná past.....	19
3.3. Průběh (design) experimentu.....	21
3.3.1. Výzkum efektivity pastí v noční fázi.....	21
3.3.2. Výzkum efektivity pastí v denní fázi.....	24
3.4. Zpracování dat.....	26
4. Výsledky.....	27
5. Diskuse.....	39
6. Závěr.....	41
7. Seznam literatury.....	42

# 1. Úvod

Zajišťování dostatečného množství organismů jako výzkumného materiálu je důležitým krokem pro nejrůznější odvětví ekologického výzkum nejen vodního hmyzu. Právě snaha o kvantifikace odchytů vedla k vytvoření různých způsobů odchytu vodního hmyzu, ovšem standardizace těchto metod provedeny nebyly. Používání světelných pastí za účelem odchytu vodních organismů je často využívaná metoda pro výzkum vodních společenstev. Mohlo by se zdát, že jde o záležitost moderní doby, ovšem vodní světelné pasti se v různých obměnách využívaly již v minulém století. Oficiální záznamy o jejich používání sahají až do roku 1953. Od té doby je známo několik variant těchto zařízení, navíc častokrát docházelo k rozličným konstrukčním úpravám ostatními výzkumníky přímo pro konkrétní skupinu organismů nebo podle typu výzkumu.

Ačkoli je světelná past široce rozšířena mezi výzkumníky a v některých případech zcela nahradila mnohdy problematickou metodu sběru pomocí ruční sítě či jiných obdobných zařízení, doposud bylo provedeno jen velmi málo seriózních výzkumů zabývajících se vlivem alespoň některých aspektů na efektivitu této nepochybně zajímavé metody. O aspektech používání vodních světelných pastí či testování její efektivitě příliš informací není. Fakt, že se jedná o zajímavé a nepříliš prozkoumané téma, mě vedl k jeho výběru.

Tato bakalářská práce se věnuje problematice používání vodní světelné pasti za účelem odchytu vodního hmyzu v závislosti na velikosti vstupních otvorů a době, po kterou je past ponechána ve vodním prostředí. Cílem práce je konkrétně stanovit jaká velikost vstupních otvorů je optimální pro odchyt vodního hmyzu, zda se tato velikost otvorů podílí na míře úniku jedinců z pasti a jak doba expozice pasti ve vodním prostředí ovlivňuje její efektivitu.

Tato práce je rozložena na několik částí. Nejprve je zpracována literární rešerše, která se věnuje historii používání a vývoji konstrukcí vodních světelných pastí. Další část je praktická a jsou v ní popsány modelové organismy, konstrukce použité světelné pasti a průběh experimentů. Závěr je věnován výsledkům, které jsou diskutovány s dostupnou literaturou.

## 2. Literární přehled

### 2.1. Způsoby odchyty vodního hmyzu

Společenstva vodních bezobratlých a zvláště vodního hmyzu jsou častým cílem různých průzkumů, které patří mezi hydrobiologické i faunistické výzkumné způsoby. I přes tento fakt ke standardizaci metod odchyty dosud nedošlo (Ditrich a kol., 2017).

Asi nejznámější používanou metodou je způsob odchyty klasickými ručními sítěmi, cedníky či podobnými zařízeními. Ty se při výzkumech využívají již dlouhou dobu a jsou užívány i nadále (Čeloudová, 2009). Jejich hlavními výhodami jsou jednoduchost, skladnost a snadná manipulace nevyžadující zvláštní předchozí přípravu. Přes zmíněné výhody je tento způsob poněkud invazní a vyžaduje nucené vyrušení lovených živočichů (Papáček a kol., 2009). Papáček a kol. (2009) dále uvádějí, že druhy s vysokou mírou pohyblivosti mohou během tohoto způsobu odchyty uniknout a slabě zastoupené druhy se nemusí podařit zaznamenat. Rovněž může být metoda sběru ruční sítí přirozeně ovlivněna jednotlivými osobami, které sběr provádí. Papáček a kol. (2009) dospěli ke zjištění, že metoda odchyty ruční sítí je pro množstevní výzkumy méně účinná v porovnání s jinými metodami (Taylor a McPherson, 2000 in Papáček a kol. 2009). Podobné srovnání i závěry byly popsány ve výzkumech, které vedly Čeloudová (2009) a Černá (2009).

Jiný výzkumný tým (O'Connor a kol., 2004) porovnával odchyt pomocí ruční sítě s krabicovou metodou (box method), kdy bylo zjištěno, že krabicová metoda je dobře použitelnou alternativou ve sběru vzorků vzhledem ve srovnání s klasickou metodou ruční sítě. O'Connor a kol. (2004) ji popisují jako více kvantitativní, objektivní a spolehlivou. Zmiňují její vhodnost pro výzkumy prováděné na lokalitách, na kterých se vyskytují vzácné druhy, jejichž monitorování je legislativně podmíněno.

Zajímavé a rozsáhlé srovnání různých metod sběru organismů přinesli Klečka a Boukal (2011). Porovnávali různé odchyty metody z hlediska jejich selektivity a účinnosti. Porovnávali následující čtyři různé způsoby: activity traps (ATs) - pasti aktivních jedinců, box traps (BT) - krabicové pasti, handnetting (HN) – lov ruční sítí a light traps (LT) – světelnou past. Jako přirozený základ pro porovnávání účinnosti jednotlivých metod použili čas, který se vztahuje na použití každé metody. Klečka a Boukal (2011) popisují metodu ručních sítí jako velmi oblíbenou, přičemž stačí jen sítí smýkat v daném prostředí



určitý čas. Krabicové pasti, oproti ručním sítím, označují za možnost jak lépe určit hustotu populací. Metodu aktivních jedinců používali pro vysoce pohyblivé druhy, jako některé vodní brouky (potápníky) a světelné pasti pro vodní létající hmyz. Výhodu světelných pastí spatřují Klečka a Boukal (2011) v možnosti zachycení suchozemských dospělců, u kterých může být obtížná identifikace v larválním stádiu prožitém ve vodním prostředí.

Všechny výše zmíněné způsoby si kladou za cíl co nejvíce kvantifikovat odchvy vodních živočichů. V tomto ohledu dochází k úpravám a modernizacím různých metod. Další zajímavou metodou se ukázala vodní světelná past, která je ve výzkumech využívána poměrně dlouhou dobu.

## **2.2. Historie užívání a konstrukce vodních světelných pastí**

Vodní světelnou past lze popsat jako zařízení, používané pro odchyt různých organismů, využívající jako atraktant světelný zdroj, na který jsou lákány různé druhy hmyzu (Hungerford a kol., 1955). Hmyz má schopnost vnímat ultrafialové (UV) záření (Lepil a kol., 2010, Kammar a kol., 2020), toho je rovněž při odchycích využíváno. Mnohé výzkumy se pokoušely zjistit, jaké druhy světelného záření se pro odchyt vodního hmyzu dají použít. Carlson (1971, 1972) ve svých studiích použil studené bílé světlo a porovnával jej se světlem černým. Různé druhy světla porovnávali například Pieczynski (1962), Barr (1979) nebo Benešová (1987), která prokázala bílé denní světlo jako nejvhodnější. Vlivem bílého (LED) světla se zabývala také Nikolaeva (2005). Další z nedávných výzkumů, zaměřených na porovnávání barev světla, prováděli například Radwell a Camp (2009) nebo MacDonnell a kol. (2018).

Pravděpodobně nejstarším důkazem o použití vodní světelné pasti pro odchyt vodního hmyzu je zmínka o této technice v článku amerického profesora H. B. Hungerforda a kol., z roku 1955 (Hungerford a kol., 1955 in Papáček a kol., 2009). Zkonstruování a následné použití vodní světelné pasti předcházelo pozorování profesora H. B. Hungerforda, který v minulosti zjistil, že shluky klešťanek a znakoplavek plavou v noci směrem ke svítící položené na okraji hlubokého bazénu, odkud mohou být snadno vyloveny za pomoci sítě. Stejný rok společně se svým studentem Ralphem W. Koberem zkonstruovali jednoduchou podvodní světelnou past, která byla poprvé použita 7. srpna 1931 na malé vodní ploše v blízkosti jezera Burt Lake, v Kansasu v USA. Past měla názorně prokázat,

že zástupci čeledi klešťankovití (Corixidae) mohou být do ponořené pasti loveni ve velkém množství, stejně jako ostatní vodní živočichové. Autoři zvolili jednoduchý tvar pasti, kdy drátěná konstrukce vycházela z tvaru kvádrů. Tato konstrukce byla potažena jemným pletivem a vrchní i spodní část byly odnímatelné pro snazší přístup. Zesponu bylo do pasti vloženo pletivo kónického tvaru, připomínající trychtýř, kterým organismy vplouvaly do pasti. Na opačné straně kuželu, uvnitř pasti, byl instalován světelný zdroj ve vzduchotěsné nádobě (uzavíratelné sklenici), připevněný popruhem ke dnu pasti. Světelný zdroj byl instalován tak, aby svítil přesně skrze vstupní otvor. Světlo v čisté vodě svítilo až do vzdálenosti 6 metrů od ústí pasti. Pro udržení pasti na dně použili Hungerford a kol. (1955) železná závaží, přimontovaná ke spodní části pasti.

Testováním se ukázalo, že tento způsob odchyty je poměrně účinný pro různé skupiny vodního hmyzu, zvláště pro klešťanky (Corixidae). Za účelem dalšího zvýšení efektivity došlo v roce 1951 k použití jemnější sítě pro zachycení drobnějších organismů a proměnou prošel i zdroj světla (Hungerford a kol., 1955). Tím se stala žárovka z předního světla automobilu, napájená 6 voltovou autobaterií, která stála na břehu, případně byla umístěna na zakotvené loďce na hladině jezera nad pastí. Elektrický proud byl dostatečný na to, aby žárovka vydržela svítit jasně po dobu min. 10 hodin. Po každém nočním odlovu bylo nutné baterii znovu dobít. Takto upravená past byla použita v létě 1951 N. Walkerem za účelem odchyty larev chrostíků (Trichoptera). Ovšem v dané době byl odchyt proveden pozdě a larvy tak již nebylo možné určit. Nicméně byla tato past účinná v odchyty jiných organismů (Hungerford a kol., 1955). Past byla používána i v dalších letech a studie Hungerforda a kol. (1955) dokládá značný rozsah použití této metody. Byla potvrzena účinnost v odchyty širokého spektra bezobratlých živočichů: klešťanek z čeledi Corixidae (Hemiptera), potápníků čeledi Dytiscidae a plavčků čeledi Haliplidae (Coleoptera), larev dvoukřídlého hmyzu čeledí Chironomidae, Culicidae, Haleidae a Chaoboridae (Diptera), nymf vážek čeledí Calopterygidae a Libellulidae (Odonata). Do pastí se dále odchytávali perloočky (Cladocera), klanonožci (Copepoda), lasturnatky (Ostracoda) a plži (Gastropoda). Past byla účinná i v odchyty následujících čeledí vodních ploštic (Nepidae, Belostomatidae, Notonectidae, Pleidae, Veliidae, Hydrometridae, Mesoveliidae). Odchytávány byly i některé čeledi vodních brouků (Hydrophilidae, Gyrinidae). Vodní světelná past lákala i některé obratlovce, např. pulce a malé ryby (Hungerford a kol., 1955 in Bohdalová 2018).

Metodu vodní světelné pasti používali i entomologové Baylor a Smith (1953), jejichž výzkum byl zaměřen na odchyt perlooček (Cladocera). Všimli si, že zástupci perlooček jsou přitahováni (i slabým) světlem o dlouhé vlnové délce (žluté světlo), svítící do prostoru. Po přiblížení k tomuto světelnému zdroji se světlo změnilo na modré (o krátké vlnové délce), které živočichy navádělo přímo do sběrné klece ve spodní části. Změna barvy světla byla docílena použitím žlutého filtru nalepeného po stranách zkumavky a modrého světla se dosáhlo modrým celofánem, umístěným na dně zkumavky pod světlem. Baylor a Smith (1953) použili konstrukci jednoduchou jak ve stavbě, tak v použití. Jednalo se o plovoucí zařízení, s plovákem na horní a sběrnou sítí na spodní straně. Plovákem procházela zkumavka, do které byl vložen zdroj světla v podobě malé tužkové žárovky, napájené 1,5 voltovými tužkovými bateriemi, zapojenými paralelně okolo horní části zkumavky. Pod plovákem byl umístěný standardní hliníkový trychtýř, širší částí orientovaný vzhůru, do kterého směřoval zdroj světla. Organismy vplouvaly do pasti z boku a trychtýřem následně padaly do sběrné části. Past byla po obvodu opatřena pevnou sítí, která zamezovala vstupu ryb. Výzkumníci instalovali past do jezera večer a vybírali ji ráno. Jako nevýhodu této metody uvádějí Baylor a Smith (1953) přítomnost dravých forem, které mohou zkonzumovat ostatní zachycené jedince a ovlivnit tak měření. Autoři ovšem vyzdvihují jednoduchý základní princip fungování jejich pasti, kdy kombinováním různých barev světla lze dosáhnout širokého spektra použití, především v ekologických studiích (Baylor a Smith, 1953).

Ve výzkumu efektivity světelných pastí dále pokračovali američtí entomologové R. K. Washino a Y. Hokama z univerzity v Kalifornii, kteří se inspirovali předešlými studiemi. Jejich výzkum monitoroval populace komárů, vyskytujících se na rýžových polích. Pro stanovení relativní hustoty populace larev používali metodu světelných pastí a klasickou metodu zástěrových i vlečných sítí. Poslední dvě zmíněné metody nebyly při výzkumu larev komárů příliš úspěšné. Při použití světelné pasti docházelo mimo larev komárů (Diptera) k zachytávání jiných vodních organismů. Především vodních brouků (Coleoptera), polokřídлых (Hemiptera) a jepic (Ephemeroptera). Washino a Hokama (1968) používali několik různých typů částečně ponořených pastí vycházejících z dřívějších výzkumů např. Hungerforda a kol. (1955). Své výzkumy prováděli také za použití pasti, kterou sestavil Husbands (nepublikováno) a s lehkými úpravami tuto past používali pravidelně od roku 1965. Toto zařízení se skládalo ze skleněného válce o průměru 9 cm a délce 20 cm, zavěšeného na dřevěné tyčce drátem tak, že válec byl

upevněn ve svislé poloze a spodní polovina byla ponořena ve vodě. V ponořené části byl do válce vložen obrácený trychtýř, který zamezoval chyceným živočichům únik z pasti ven. Horní část válce obsahovala žárovku připojenou k 6 voltovému článku, zavěšenému na tyčce nad hladinou a v prostoru válce byla lahvička s chloroformem pro usmrcení zachycených vzorků. Takto připravené pasti byly do vody vloženy pozdě odpoledne a jejich vybírání probíhalo druhý den ráno. Celkem bylo použito 6 pastí, některé se světlem, jiné bez světla. Pokusy potvrdily větší úspěšnost odchyty v případě použití pastí se světlem, na základě pozitivní fototaxe hmyzu (Washino a Hokama, 1968).

Přínosem v problematice vodních světelných pastí byl výzkum Carlsona, (1971), který se nejprve zabýval účinností černého světla a později srovnával vliv černého a bílého světla na efektivitu odchyty různých vodních organismů (Carlson, 1972). Výsledky jeho experimentů ukázaly větší preferenci černého světla u zástupců dvoukřídlých (Diptera) a chrostíků (Trichoptera). Naopak bílé světlo lákalo nejvíce jedince z řádu polokřídlých (Hemiptera) a jepic (Ephemeroptera). V tomto výzkumu Carlson použil jednoduché pasti, jejichž konstrukce vycházela z dřívější studie, kterou provedli Sublette a Dendy (1959). Jednalo se o zařízení vyrobené z plastového kbelíku s černým nebo bílým světlem umístěným uvnitř nádoby pod víkem a trychtýřem nahrazujícím spodní část. Tato past byla použita na dvou rybnících v létě 1970 v rámci ekologické studie (Carlson, 1971).

Významný pokrok v konstrukci vodní světelné pasti předvedli biologové Charles S. Apperson a Dennis G. Yowa z Lakeportu v Kalifornii. Představili zcela nový unikátní model vhodný zejména pro použití v mělkých vodách. Podnětem pro vytvoření vlastního modelu byla jejich nespokojenost s komplikovaností, náročností, přílišnou velikostí a vysokou cenou předchozích zařízení, používaných ve výzkumech před nimi (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 in Apperson a Yowa, 1976). Nespornou výhodou nově zkonstruované pasti byla jednoduchost a levnost, při zachování si některých vlastností z již dříve zveřejněných popisů designů (Baylor a Smith, 1953; Hungerford a kol., 1955; Husbands, 1967 in Apperson a Yowa 1976). Výzkumníci také mysleli na to, že rozměry pasti mohly být upraveny podle potřeb konkrétních výzkumů. Past, kterou zhotovili Apperson a Yowa (1976) se skládala ze sběrné nádoby v podobě zavařovací sklenice s širokým hrdlem, do kterého byl pomocí mosazných kroužků se závitů připevněn plastový (PE) trychtýř široký 8 cm (v otevřené části). Stěny sklenice byly zabarveny dočerna a světlo pronikalo skrze

dno směrem do trychtýře. Pro upevnění svítilny byla použita plastová miska obrácená dnem vzhůru s vyříznutým kruhovým otvorem ve dně, kterým byla svítilna prostrčena. Miska byla ukotvena k polystyrenovému plováku o rozměrech 30 cm x 30 cm. Při složení celé sestavy byl pro zpevnění použit drát, který držel jednotlivé komponenty pevně pohromadě. Při výběru pastí byl zachycený obsah soustředěn ve sklenici, kterou stačilo uzavřít šroubovacím víčkem a použít jako vzorkovnici. Pokud se odstranil plovák a očka se zašroubovala přímo do plastové misky, mohla být past použita pro sběr materiálu na dně (Apperson a Yowa, 1976).

Dalšími výzkumníky, kteří se zabývali odchytem vodního hmyzu, byli L. Henrikson a H. Oscarson z katedry zoologie Gothenburské univerzity ve Švédsku. Za použití lapače nálevkovitého tvaru se pokoušeli o kvantifikaci odchyty vodního hmyzu dýchajícího vzdušný kyslík (především klešťanek), se zvláštním odkazem na klešťanku horskou (*Glaenocorisa propinqua*, Corixidae, Hemiptera - Heteroptera). V tomto případě se nejedná o metodu založenou na pozitivní fototaxi hmyzu (Washino a Hokama, 1968), ale na potřebě jedinců vynořit se na hladinu kvůli nádechu (Sedlák, 2002). Trychtýřová past se skládala ze dvou částí. První část tvořil látkový válec s oky 1 mm s pozinkovaným prstencem ve spodní části, jako zátěž. Každé dva metry byl látkový rukáv vyztužen tenkými hliníkovými prstenci. Druhou část představovala válcovitá hliníková konstrukce s plovoucími tělesy, kuželem ze síta a průhledného plastu s otvory 25 mm v horní části. Funkční princip byl ten, že jedinci uvíznutí v látkovém válci se ve snaze dosáhnout hladiny musí dostat skrz malý otvor v kuželu, odkud nejsou schopni najít cestu zpět a jsou tak zadrženi uvnitř hliníkového rámečku (Henrikson a Oscarson 1978). Přestože se nejednalo o metodu světelné pasti, je zajímavé pozorovat, jaká různá zařízení byla pro sběr vodního hmyzu používána.

Se světelnými pastmi ve svých výzkumech dále pracoval zoolog R. B. Aiken z Torontské univerzity v Kanadě. Světelné pasti porovnával z hlediska velikostní selektivity lovených organismů. Ve svém výzkumu uvádí, že tato metoda je aplikovatelná na širokou škálu organismů, zahrnující prakticky všechny řády vodního hmyzu. Své tvrzení podporuje i naměřenými daty z výzkumů Engelmanna a Tobische (1972) a Engelmanna (1974). Past, kterou Aiken (1979) používal, byla pevná krabice o výšce 62 cm a šířce 22 cm, vyrobená z plexiskla o tloušťce 6 mm. Tři stěny pasti byly tvořeny dvěma prvky. Prvním byla pevná zeď široká 6,5 cm a vysoká 44 cm, lehce naklopená do středu pasti. Druhý prvek tvořil pohyblivý vstup zavěšený na pevné části stěny. Čtvrtá stěna pasti nebyla

naklopená a postrádala pohyblivé vstupy. Světelný zdroj byl umístěn v pevné skřínce z plexiskla, utěsněné gumovým těsněním. Zdrojem světla byla 12 voltová zářivka napájená proudem z automobilové baterie. Testování této pasti probíhalo na malém rybníce začátkem srpna 1977. Během instalování byla větší část pasti pod hladinou a nad hladinu vyčnívala jen vzduchová dutina. Přestože použitá konstrukce nepatřila k těm nejjednodušším, byla značně sofistikovaná v různém nastavení velikostí otvorů. Nastavením se docílilo tří různých velikostí otvorů - 1,5 mm, 5 mm a 10 mm, přičemž čím větší byl vstupní otvor, tím byly zachyceny větší a zvyšoval se i jejich počet. Zachyceny byly téměř všechny řády vodního hmyzu kromě střechatek (Megaloptera) a pošvatek (Plecoptera). Nejhojněji byli zastoupeni brouci (Coleoptera) a polokřídlí (Hemiptera). Zachyceni byli i zástupci obojživelníků (Amphibia), konkrétně pulců skokanů (Ranidae), (Aiken 1979).

Technikám odchyty podvodní pasti se během monitoringu vodních brouků věnovali i William L. Hilsenhoff a Bryn H. Tracy v osmdesátých letech. Během výzkumu lovili Hilsenhoff a Tracy (1985) vodní brouky ve stojatých vodách pomocí ručních sítí s plochým dnem, kterou shledali jako nejúčinnější ze sítíových metod. Design jejich sítě vycházel z konstrukce Spanglera (1981). Tuto metodu ovšem shledali neefektivní, z důvodu velkého zanášení různými předměty usazenými na dně a z důvodu úniku rychle se pohybujících jedinců. Jejich doporučením bylo používat tento způsob na vodních plochách s nízkým výskytem vodní vegetace. Právě hustotu vegetace viděli jako komplikaci i v případě použití světelných pasti. Pronikání světla je kvůli rostlinám značně omezeno, ovšem ve větších hloubkách je lov sítěmi neproveditelný. Je tedy vhodnější použít světelné pasti, přizpůsobené dané hloubce ponoření (Newhouse a Stahl, 2000). Hilsenhoff a Tracy (1985) experimentovali s různými typy pasti od roku 1976 a jimi zkonstruované zařízení tvořil 43 cm dlouhý a 13 cm široký válec z pozinkované mřížky, na každé straně osazený nálevkou. Trychtýře měly k sobě přidané látkové rukávy, upevněné k válci širokými gumovými pásky. Takto sestavené pasti mohly být vybaveny i světelným zdrojem (Hilsenhoff a Tracy, 1985).

Metodou odchyty světelnou pasti se nemusí lovit jen plovoucí hmyz. Tato technika může být stejně efektivní i pro odchyt hmyzu žijícího benticky. S tímto názorem přišel na konci osmdesátých let hydrobiolog R. G. Weber a provedl studii, která jeho hypotézu potvrdila. Weber (1987) použil past vlastní konstrukce uzpůsobenou přesně jeho výzkumnému záměru. Jeho past, instalovaná na dně, byla uzpůsobena pro použití

v tekoucích i stojatých vodách. Největším problémem bylo zamezit obracení pasti v důsledku vln, či působením proudu vody. Rovněž se vyvaroval použití trychtýře a pro snadnější vstup živočichů do pasti upravil celý vstupní otvor. Tělo pasti bylo vytvořeno z hranaté plechové nádoby (kanystru) o objemu 1 litr a rozměrech 11,7 cm na šířku, 17,5 cm na délku a 6 cm na výšku. Po vyříznutí všech otvorů, byla vnitřní část pasti natřena bílou antikorozií barvou pro delší životnost a lepší odražení světla. Do boční části (vedle hrdla) byl vyvrtán otvor pro umístění světelného zdroje. Tím byla malá, 3 voltová žárovka, připojená k 1,5 voltovým článkům v plastovém krytu. Žárovka byla ke zdroji (umístěnému nad vodní hladinou) připojena kabelem dlouhým 3,8 m. Po výstupu z pasti byl kabel omotán okolo pozinkovaného drátu, který sloužil jako opora při spouštění či vytahování pasti z vody. Aby se předešlo narušení bužírky a následnému zkratování, byla vlákna kabelu obalena vrstvou silikonové izolace. Na protilehlé stěně světelného zdroje byl vytvořen vstupní otvor široký buď 3,2 mm, nebo 6,3 mm, zhotovený z čirých akrylových lišt vložených k sobě zešíkma. Past vydržela svítit 24 nocí na jednu sadu baterií a výhodou byla i příznivá výše finančních nákladů. Bez baterií se autor vešel do ceny 6 dolarů za kus. Výše popsanou pastí bylo odchyceno velké množství živočichů, zejména jepic (Ephemeroptera) čeledí: Ephemerellidae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, a chrostíků (Trichoptera) čeledi: Hydroptilidae. Úspěšný odchyt těchto živočichů nebyl do té doby prezentován v žádném z předchozích výzkumů používajících světelné pasti benticky (Weber 1987).

Za zmínku stojí i výzkum biologického týmu pod vedením R. N. Williamse na území Killbuck Marsh Wildlife Area v USA. Na tamních mokřadech sledovali biodiverzitu hmyzu, přičemž se zaměřili na brouky z čeledí Dytiscidae, Hydrophilidae a Haliplidae. Součástí výzkumu byli i zástupci denních a nočních motýlů (Lepidoptera). Williams a kol. (1996) používali několik způsobů odchyty, mimo jiné i světelnou past. Tu poprvé použili již na začátku této studie v roce 1994, přičemž různé lovné způsoby porovnávali už v předchozích letech (Williams a kol., 1993). Konečné podoby zařízení docílili pracovníci úpravou průhledné plastové láhve od nápoje o objemu 2 litry, které uřízli horní část s hrdlem a následně ji obráceně vložili do zbylé části nádoby. Dovnitř bylo ještě umístěno chemické světlo (lightstick) a malý kámen jako závaží udržující past ve svislé poloze. Světelný zdroj vydržel dostatečně svítit 8 hodin, nápadné světlo z něj vycházelo ovšem ještě dalších 18 hodin. Past byla nastražena vždy v 16 hodin odpoledne, ponechána přes noc a vyjmuta byla v 10 hodin dopoledne následující den. Zachycení jedinci byli

oddělení pomocí standardního potravinářského cedníku a uchování v 70% etanolu (Williams a kol., 1996).

Další ve výčtu výzkumníků zabývajících se technikou odchyту živočichů vodní světelnou pastí byli Stevens A. Newhouse a James R. Stahl z institutu vodního hospodářství. Účelem jejich studie bylo zjistit a porovnat relativní množství výskytu zooplanktonu, reagujícího na světlo ve třech vodních nádržích. Jednoduché světelné pasti vlastní konstrukce byly umístěny 1,5 m pod hladinou, přičemž byly přivázány k zátěži ukotvené na dně. Nad pastmi byla vždy umístěna plovoucí nádoba jako plovák, udržující past v konstantní hloubce. Past tvořila zavařovací sklenice s vloženým trychtýřem a zdrojem světla byla tyčinka s chemickým světlem bílé barvy. Během studie došlo ke sběru téměř 30 000 jedinců zooplanktonu, což dokazuje účinnost použité metody (Newhouse a Stahl, 2000).

Světelnou past používali také Dennett a Meish (2001), kteří prováděli odchyt dravé larvy rodu *Tropisternus sp.* (Coleoptera: Hydrophilidae) na rýžových polích v Arkansasu. Jejich zařízení vycházelo z konstrukce Zaloma a kol. (1980) a Zaloma (1981), používané při odchyту larev a dospělců čeledi vodomilovitých (Hydrophilidae). Past byla vyrobena z průhledné plastové nádoby o objemu 5,6 l, ke které byly zboku připevněny dva PVC plováky. K horní části byla připevněna malá svačtinová krabička o objemu 0,75l, ve které byla uschovaná baterie. Ve spodní části byl otvor pro vplouvání hmyzu do pasti lemovaný hliníkovou fólií. Světelný zdroj byl reprezentován mikro žárovkou, vyzařující bílé světlo, vloženou do skleněné lahvičky. Odchyt byl poměrně efektivní. Použito bylo 38 pastí, které zachytily velké množství cílených organismů (Dennett a Meish 2001).

Výzkumy za použití světelných pastí se prováděly i v Austrálii, kde Meekan a kol. (2001) porovnávali designy dvou světelných pastí v závislosti na široké škále podmínek. Lovenými organizmy byly ryby a bezobratlí živočichové. Obě pasti tvaru kvádrů byly vyrobené z plexiskla, kdy jedna byla větší a druhá menší. Obě ovšem fungovaly na stejném principu. V horní části každé pasti byl světelný zdroj vyzařující bílé světlo. Organismy reagující na světlo pozitivně, vplouvaly do sběrné části, odkud se nedokázaly dostat. Z výsledků bylo zjištěno, že efektivita nezávisela na velikosti pasti, jak by se mohlo zdát, ale na jejím umístění na různých stanovištích (Meekan a kol., 2001).

Vývojem nové světelné pasti se zabýval také americký výzkumník David L. Jones, který ji testoval v odchyту ryb vyskytujících se na korálových útesech. Snažil se o vytvoření



lehké, spolehlivé, levné a nenáročné pasti, kterou bude snadné použít. Tomu odpovídaly i použité materiály, jako plast, hliník a PVC. Zvolil výkonný světelný zdroj v podobě dvou fluorescenčních žárovek o výkonu 6 W., napájených baterií uloženou nad žárovkami ve vodotěsné nádobě. Při vytváření designu vycházel z multikomorových pastí používaných Meekanem a kol. (2001), konkrétní popis konstrukce je popsán v jeho práci (Jones, 2006).

V dalších letech docházelo k používání pastí podobných konstrukcí, které se lišily barvou světla, zájmovou skupinou živočichů, přírodními podmínkami či způsoby použití. Výzkumů, které používaly pro sběr organismů vodní světelné pasti, bylo mnoho. Ve svých studiích je zmiňují například Nikolaeva (2005, 2007, 2008, 2015), Lecaillon a Lourie (2007), Radwell a Camp (2009), Schilling a kol. (2009), Klečka a Boukal (2011), Dinh (2012), Ahmadi (2012), Ahmadi a Rizani (2012) nebo MacDonell a kol. (2018).

Z dosavadních výzkumů, které se věnovaly problematice vodních světelných pastí, je patrný trend ve vzrůstající oblibě této metody. V mnoha případech byla shledána účinnou a efektivní v porovnání s klasickými metodami odchyty (Papáček a kol., 2009, Klečka a Boukal, 2012.). Lze očekávat zapojení světelných pastí i v budoucích výzkumech, snažících se sběr vodních organismů co nejvíce kvantifikovat. S rozvojem technologií a prohlubováním znalostí v tomto odvětví se dá předpokládat i rozvoj a zefektivnění dalších odchyťových metod včetně inovování samotných vodních světelných pastí.

### 3. Materiál a metodika práce

Experimentálními pokusy za použití různých modifikací vodní světelné pasti a vybraných druhů vodního hmyzu docházelo ke zkoumání efektivity pastí při odchytu vodního hmyzu během noční doby a vlivu velikosti vstupního otvoru a délky expozice vodní světelné pasti na efektivitu odchytu vodního hmyzu v denní fázi.

#### 3.1. Modelové organizmy

Při výzkumu efektivity odchytu vodních organizmů světelnou pastí byli použiti určití zástupci vodního hmyzu. Jako experimentální organizmy byly využity některé druhy vodních ploštic (Heteroptera). Mezi ně patří klešťanky (*Corixidae.*), přičemž nejpočetnějšími druhy byly klešťanka zdobená (*Sigara lateralis*) (Leach, 1817) a klešťanka velká (*Corixa Punctata*) (Illiger, 1807) (Heteroptera: Corixidae). Dalšími zástupci byli znakoplavka obecná (*Notonecta glauca*) (Lineaus, 1758) (Heteroptera: Notonectidae) a z řádu dvoukřídlého hmyzu (Diptera) byly zvoleny larvy koretry (*Chaoborus sp.*) (Diptera: Chaoboridae).

Všechny zmíněné taxony jsou často chytány do světelných pastí a mimo to je obvykle možné nachytat jich dostatečné množství. Organismy používané v experimentech byly loveny ručními sítěmi. V případě klešťanek (*Sigara sp.*) byl zdroj jejich odlovu v nedalekém rybníku vzdáleném cca 13km JV od Č. Budějovic. (48°56.22092'N, 14°38.05195'E). Zde byli jedinci sbíráni ručními sítěmi cca dva dny před zahájením experimentu. Z důvodu nemožného opakovaného použití zkoumaných živočichů bylo nezbytné mít dostatek jejich zástupců. Proto byli všichni uchováváni v přechodné nádrži o objemu 1100 litrů, umístěné přímo u výzkumných kádí na výukové zahradě. Kvůli zabránění úniku některých dospělých jedinců klešťanek (*Sigara sp.*) byla nádrž zakryta jemnou sítí o velikosti ok 1 mm. Ostatní živočichové pocházeli přímo z výzkumného jezírka PF ,ve kterém bylo možné nachytat takové množství jedinců, které bylo postačující pro uskutečnění pokusů. Vodní ploštice patří mezi časté bezobratlé organismy, které se hojně vyskytují ve vodách na našem území (Kolář a kol., 2018). Životní cyklus těchto živočichů probíhá výhradně ve vodě a mohou být proto považováni jako dobré bioindikátory v měření kvality vody (Bonada a kol., 2006). Vodní ploštice rovněž tvoří podstatnou část společenstev živočichů ve vodním prostředí (Kolář, 2015).

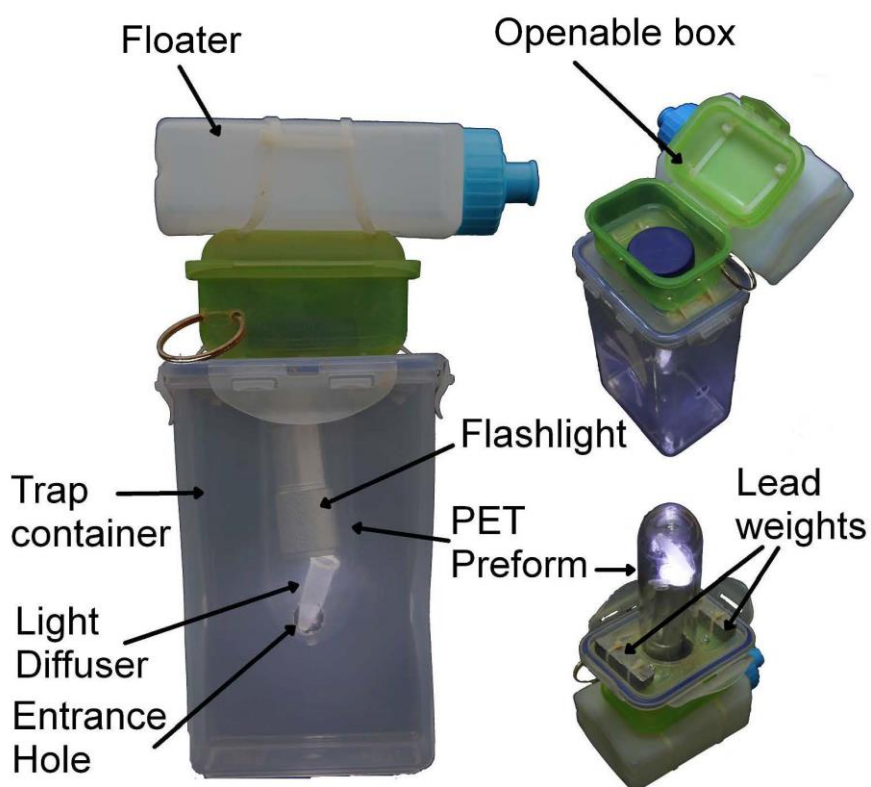
### 3.2. Vodní světelná past

Pro experimenty byly používány světelné pasti (Obr. č. 1) originální konstrukce, sestavené podle návrhu Tomáše Ditricha, (Ditrich a Čihák 2017) založeného na běžných pastech užívaných v předchozích výzkumech. Tyto pasti jsou v různých úpravách používány na katedře biologie PF JČU již dlouhou dobu. Ve svých výzkumech s nimi pracovaly např. Černá, 2009 nebo Čeloudová, 2009.

Jejich hlavní výhodou je snadná dostupnost všech dílčích částí a standardizace jednotlivých dílů. Tyto aspekty umožňují široké spektrum použití ve většině světa. Hlavní částí je průhledná, plastová nádoba obdélníkového tvaru systému „Lock & Lock“ (Lock&Lock, Seoul, Jižní Korea, kód výrobku HPL809; o rozměrech 137 mm x 104 mm x 185 mm a objemu 1300 ml). Do víka hlavní nádoby byl vytvořen otvor, do kterého se prostrčil a napevno upevnil prefabrikát PET láhve o délce 145 mm a průměru 45 mm, sloužící jako ochrana světelného zdroje. Jako zdroj světla byla použita ruční LED diodová svítidla (EMOS Company, Přerov, Česká republika, číslo produktu 1440093102). Svítidla byla do preformy vložena volně a pro dosažení většího rozptýlení světla do všech směrů byla do její spodní části pod svítidlo vložena prázdná, plastová, bílá zkumavka (typ Eppendorf) v otevřeném stavu, která plnila funkci difuzéru. Na úrovni mikro zkumavky byly do plastové nádoby vyvrtány čtyři otvory, na každé straně jeden ležící vždy přibližně na svislé ose nádoby a umístěný přibližně 65 mm od dna nádoby. Velikost otvoru pro vplouvání byl přizpůsoben cílové skupině organismů a konkrétním pokusům. V experimentu byly použity nádoby s průměry vstupních otvorů 4, 8, 13 a 18 mm. Za účelem usnadnit hmyzu vniknutí do pasti a naopak ztížit jeho vyplouvání z pasti ven, byly všechny boční stěny sběrné nádoby v místě otvorů prohnuty směrem dovnitř, čímž byl umožněn princip převrácené nálevky. Toho bylo docíleno nahřátím materiálu horkovzdušnou pistolí a působením přiměřeného tlaku vhodným (např. dřevěným) předmětem.

Proto, aby světelná past setrvala v určité hloubce a zamezilo se jejímu případnému otočení po naplnění vodou, byla ve své horní části vybavena plochou prázdnou plastovou lahví, která sloužila jako plovák. Velikost plováku byla zvolena tak, aby past po naplnění hlavní nádoby vodou zůstala těsně u hladiny. Pro jednodušší přístup ke svítidlu byla mezi plovák a hlavní nádobu za použití čtyř šroubů s matkami připevněna plastová otevíratelná krabička typu „klickbox“ (TVAR v. d., Pardubice, Česká rep., kódové označení 820463).

Lze ale použít i kteroukoli jinou nádobu například pro uchovávání potravin nebo na mýdlo. K tomuto mezikusu byl skrz roh provlečen kovový kroužek pro přivázání pasti k pevnému bodu například na břehu. Na spodní stranu víka hlavní nádoby byla za použití elektrikářských stahovacích pásek nainstalována dvě závaží z olova, každé o hmotnosti 120 g, která udržovala past ve správné (svislé) pozici během jejího použití.



Obr. č. 1. Dizajn a konstrukce vodní světelné pasti (floater – plovák, trap container – sběrná nádoba, light diffuser – světelný rozptylovač, entrance hole – vstupní otvor, flashlight – ruční svítilna, PET preform – prefabrikát plastové láhve, lead weights – závaží z olova, openable box – otevíratelná krabička), převzato z práce Ditrich a Čihák (2017).

### 3.3. Průběh (design) experimentu

#### 3.3.1. Výzkum efektivity pastí v noční fázi

Experimenty se uskutečňovaly na školní výukové zahradě náležící pedagogické fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (GPS souřadnice: 48 58032.18200N, 1426054.21800E). Tato výuková zahrada slouží studentům především pro venkovní a praktickou výuku, je vybavena zázemím se základním vybavením a potřebami pro různou činnost. Na pozemku se nachází uměle vybudované sladkovodní jezírko, které bylo v našem pokusu využíváno jako jeden ze zdrojů vodních organismů používaných v experimentech.

Celkově byly pokusy prováděny v pěti odlišných časových úsecích během dvou let. S první sérií experimentů se započalo na konci září roku 2015, dalším obdobím byla polovina října a listopadu téhož roku. V následujícím roce se s výzkumem pokračovalo na konci června 2016 a v půlce září 2016 byly pokusy ukončeny.

Na zahradu byly nainstalovány čtyři kádě s obdélníkovým půdorysem a rozměry 1200 mm x 800 mm x 600 mm (Obr. č. 2). Následně došlo k jejich naplnění studniční vodou na objem 400 litrů. V blízkosti těchto kádí byla ještě umístěna válcová nádrž o objemu 1100 litrů, která sloužila pro přechodné uchovávání některých organismů odlovených mimo zahradní jezírko. Z důvodu náročnosti experimentu a množství organismů byl jako dostatečný zdroj využíván rybník nacházející se u obce Ledenice vzdálený cca 13 km od Českých Budějovic. V tomto vodním tělese byly odchyťovány především klešťanky rodu *Sigara*, které se po odlovení umístily do výše zmíněné nádrže, ze které se odebíraly pro dílčí pokusy. Další organismy jako klešťanky (*Corixa Punctata*), znakoplavky (*Notonecta glauca*) a larvy koretry (*Chaoborus sp.*) byly odchyceny v dostatečném množství v zahradním jezírku výukové zahrady v den pokusu.

Dále byla při sestavování experimentů použita jemná umělohmotná síť s velikostí ok 1 mm x 1 mm, kterou byly vystlány vnitřky všech čtyř obdélníkových kádí. Aby se zamezilo odchlípení sítě od stěn a následnému zmenšení původního objemu, bylo provedeno zafixování těchto sítí kameny přiměřené velikosti, rozmístěnými ve všech rozích kádí. Použití těchto sítí bylo velice praktické. Díky nim bylo mnohem jednodušší a rychlejší vybírat organismy, které se nechytily do pastí a zůstaly tak v prostoru kádě.

Dalšími částmi sítě byly překryty vrchní části všech kádí, aby se zamezilo případnému úniku jedinců z kádí ven a zároveň tím bylo znemožněno vniknutí jiných živočichů do vnitřního prostoru. Rovněž zabraňovaly znečišťování např. padajícím listím nebo jinými nečistotami. Přichycení těchto krycích sítí bylo provedeno přicvaknutím k okrajům pomocí kolíčků. Z jiného typu sítě zelené barvy byly nastříhány dva stejně dlouhé asi jeden centimetr široké pruhy a jejich navázáním na malé kameny vyrobeny umělé rostliny. Jejich volné plovoucí části dosahovaly až na hladinu vody v kádí (Obr. č. 3). Účelem těchto předmětů bylo simulovat vodní vegetaci, kterou mohl hmyz využít pro přichycení (odpočinek) nebo jako případný úkryt. Tyto umělé rostliny byly v každé kádí zastoupeny třemi kusy. Mimo těchto úprav byl ještě ve třech kádích rozmíchán jíl v různých poměrech, čímž se docílilo odlišného stupně zakalení vody. To bylo prováděno za účelem zkoumání vlivu zkalenosti (turbidity) na efektivitu světelné pasti při odchytu vodního hmyzu. Touto problematikou se zabýval Petr Čihák. Celá tematika je podrobně popsána v jeho bakalářské práci (Čihák, 2017), případně v (Ditrich a Čihák 2017).

Experiment probíhal tak, že se vždy v den pokusu v odpoledních hodinách do každé kádě umístil stejný počet organizmů. Při setmění večer téhož dne byla do každé kádě vložena jedna rozsvícená past s otvory o průměru 4 mm (Obr. č. 4) Následující den v ranních hodinách byly všechny pasti ve stejný čas vyjmuty. Doba, po kterou byla past vložena, činila zhruba 12 hodin. Pro každé opakování pokusu byl použit nový soubor organizmů. Jedinci zachycení v pastích a zbylí mimo ně, byli uchováni ve vzorkovnicích se 70% etanolem a jejich determinace probíhala následně po dokončení všech pokusů (Bohdalová, 2018).

Pro posouzení efektivitu odchyty vodního hmyzu světelnou pastí, byly pro tuto dílčí část výzkumu použity pasti s otvory o průměru 4 mm nebo 8 mm s dovnitř prohnutými stěnami. Jako organismy byly zvoleny klešťanky (*Sigara lateralis* a *Corixa punctata*), larvy koretry (*Chaoborus* sp.) a larvy i dospělci znakoplavky (*Notonecta glauca*), přičemž 4mm otvory byly použity pro *Sigara lateralis* a *Chaoborus* sp., 8mm otvory v případě *Corixa punctata* a *Notonecta glauca*. Výzkum probíhal pouze v nádrži s nulovou turbiditou, označenou jako A. Množství odlovených jedinců z jednotlivých měření bylo zprůměrováno a procentuálně vyjádřeno. Nutno zmínit, že toto měření bylo součástí rozsáhlejšího výzkumu prováděného společně s kolegyně Bohdalovou a Čihákem, kteří se zaměřovali na různé aspekty v problematice odchyty světelnou pastí. Jednalo se tedy o obecné stanovení účinnosti světelné pasti, ve fázi samotného odchyty v noci.



Obr. č. 2. Celkový pohled na výzkumné nádrže s různou mírou zkalenosti (turbidity), rozmístěné na výukové zahradě Pedagogické fakulty JČU. Nádrž vlevo dole (A) s čistou vodou bez zakalení. Foto Petr Čihák.



Obr. č. 3, 4. Foto vlevo: detail nádrže A vystlané sítí a zatěžkané kameny s imitací vodní vegetace. Foto vpravo: Aktivovaná past během odchytu v noční fázi. Foto Petr Čihák.

### 3.3.2 Výzkum efektivity pastí v denní fázi

Vliv délky expozice vodní světelné pasti byl testován ve dvou obdobích. Prvním byla polovina listopadu 2015 a následně se pokus prováděl na přelomu srpna a září 2016. Princip tohoto pokusu spočíval v umístění určitého množství modelových organismů do sběrné nádoby světelné pasti a jejím uložení v nerozsvíceném stavu do výzkumného jezírka v denní době.

Modelovými organismy v tomto pokusu byli dospělci klešťanek (*Sigara lateralis*), (Tab. č. 3), dospělci znakoplavek (*Notonecta glauca*), (Tab. č. 5) a larvy koreter (*Chaoborus* sp.), (Tab. č. 7) Čas, po který byly pasti ve vodě, byl 1, 2, a 4 hodiny. Podle velikosti organismů byly použity pasti s různě velkými vstupními otvory. Jednalo se o nádoby s průměry otvorů 4 mm, 8 mm, 13 mm a 18 mm. Jednotlivé kombinace velikostí otvorů a expozičních časů byly několikrát opakovány.

Pro usnadnění rozlišování byly nádoby označeny písmeny podle velikostí otvorů na XS – průměr otvorů 4 mm s plochými stěnami, S – průměr otvorů 4 mm s nálevkovitě prohnutými stěnami. Zbylé varianty se lišily jen ve velikosti otvorů, přičemž stěny byly vždy prohnuté dovnitř. M - průměr otvorů 8 mm, L – průměr otvorů 13 mm, a XL - průměr otvorů 18 mm. Pasti velikosti S byly zastoupeny v počtu deseti kusů, ostatní varianty byly reprezentovány pastmi po čtyřech kusech. Po skončení každého časového úseku byly pasti vyloveny, jejich obsah přecezen a sledoval se počet jedinců, kteří zůstali uvnitř pasti.

Na základě osobních poznatků T. Ditricha (Ditrich a Čihák, 2017), kdy během jeho pozorování bylo zaznamenáno, že vodní hmyz snadněji proniká do pastí s plochými (neprohnutými) stěnami (varianta XS), byly u některých druhů zvláště zkoumány pasti s otvory o velikosti 4 mm a s plochými stěnami.





Obr. č. 5. Vodní světelné pasti v průběhu experimentu v zahradním jezírku výukové zahrady Pedagogické fakulty JČU, foto autor.



Obr. č. 6. Detailněji zachycená další skupina vodních pastí v průběhu experimentu, foto autor.

### 3.4. Zpracování dat

Míra únikovosti, tedy délka expozice pasti v denní době, byla analyzována pro jednotlivé druhy (*Sigara lateralis*, *Chaoborus* sp., *Notonecta glauca*) zvlášť. Vliv velikosti vstupních otvorů byl hodnocen na základě lineární regrese v poměru uniklých jedinců za daný časový úsek. Tento postup (tj. oddělených analýz na místo zobecněného přímého modelu) byl zvolen na základě skutečnosti, že výzkumníci obvykle používají světelné pasti s rozdílnou, přesto ustálenou velikostí otvorů, přičemž doba umístění pasti v denní době se v rámci jediného průzkumu lišit může.

Vliv velikosti vstupního otvoru na míru úniku každého konkrétního druhu byl testován za normalizovaný časový úsek stanovený na jednu hodinu, za použití jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA – Analysis of variance), kde velikost otvoru byla posuzována jako kategoriální proměnná a vstupní otvory o velikosti 4mm s prohnutými a rovnými stěnami jako dva nezávislé případy. Pokud byly výsledky ANOVY výrazné, bylo provedeno vícenásobné srovnání za použití Tukeyova testu. Veškeré analýzy naměřených dat byly provedeny za pomoci softwaru Statistica 13 (Dell Inc., OK, USA).

## 4. Výsledky

Dílejší část experimentu zaměřená na míru účinnosti světelné pasti v odchytu vodního hmyzu v noční fázi byla uskutečněna v pěti různých časových intervalech. Do nádrže se umístil definovaný počet jedinců jednotlivých druhů společně s aktivovanou světelnou pastí, která byla v nádrži instalována přes noc. K jejímu opětovnému vylovení došlo v ranních hodinách druhý den. Došlo ke sběru jedinců zachycených v pasti i těch mimo ni. Výsledky jednotlivých pokusů jsou zaznamenány v tabulce č. 1. Celkové úrovně odchyту jednotlivých druhů jsou následně procentuálně vyjádřeny v tabulce č. 2.

Tabulka č. 1. Přehled jednotlivých odchyतů experimentálních živočichů.

Datum jednotlivých pokusů	Modelové organismy	Celkem jedinců v pokusu	Počet jedinců zachycených v pasti	Úroveň odchyту
22. září 2015	Sigara lateralis	100	43	43,0 %
	Chaoborus sp.	100	4	4,0 %
23. září 2015	Sigara lateralis	100	69	69,0 %
	Chaoborus sp.	100	3	3,0 %
24. září 2015	Sigara lateralis	40	23	57,5 %
	Chaoborus sp.	100	7	7,0 %
25. září 2015	Sigara lateralis	100	77	77,0 %
	Chaoborus sp.	100	0	0,0 %
16. října 2015	Sigara lateralis	40	24	60,0 %
17. října 2015	Sigara lateralis	70	38	54,3 %
	Chaoborus sp.	100	18	18,0 %
18. října 2015	Sigara lateralis	40	31	77,5 %
	Chaoborus sp.	100	22	22,0 %
19. října 2015	Sigara lateralis	40	21	52,5 %
	Chaoborus sp.	100	5	5,0 %
17. listopadu 2015	Notonecta glauca – d	16	3	18.8 %
18. listopadu 2015	Notonecta glauca – d	16	6	37.5 %

20. června 2016	Notonecta glauca – d	10	5	50,0 %
	Notonecta glauca – l	20	15	75,5 %
21. června 2016	Notonecta glauca – d	15	8	53,3 %
	Notonecta glauca – l	15	9	60,0 %
22. června 2016	Notonecta glauca – d	15	6	40,0 %
	Notonecta glauca – l	9	1	11,1 %
23. června 2016	Notonecta glauca – d	20	13	65,0 %
	Notonecta glauca – l	8	8	100,0 %
12. září 2016	Notonecta glauca – d	20	5	25,0 %
	Corixa punctata	5	3	60,0 %
13. září 2016	Notonecta glauca – d	20	8	40,0 %
	Corixa punctata	5	5	100,0 %
14. září 2016	Notonecta glauca – d	20	3	15,0 %
	Corixa punctata	7	7	100,0 %
15. září 2016	Notonecta glauca – d	20	10	50,0 %
	Corixa punctata	5	3	60,0 %

Pozn.: d – dospělé stádium; l – larvální stádium

Tabulka č. 2. Průměrná úroveň odchyty jednotlivých živočichů.

Modelový druh	Průměrná míra odchyty
Sigara lateralis	61,35 %
Chaoborus sp.	8,43 %
Notonecta glauca – d	39,46 %
Notonecta glauca – l	61,65 %
Corixa punctata	80,00 %

Pozn.: d – dospělé stádium; l – larvální stádium

Výzkum zaměřený na efektivitu světelné pasti v závislosti na velikosti vstupního otvoru a délky expozice světelné pasti v denní době sestával z dílčích experimentů, které probíhaly ve dvou časových úsecích. V polovině listopadu 2015 a následující rok v létě od konce srpna do začátku září 2016.

Do výzkumného jezírka byly umístěny pasti s různými průměry vstupních otvorů a s definovaným počtem modelových organismů (*Sigara lateralis* - dospělci, *Chaoborus* sp. - larvy, *Notonecta glauca* – dospělci). Takto připravené pasti byly v jezírku ponechány určité časové úseky. Pro zjednodušení pokusů a snazší orientaci byly nádoby označeny písmeny US – XL (ultra small – extra large) Podle velikostí jednotlivých druhů živočichů byly vždy voleny odpovídající otvory u sběrných nádob tak, aby se hmyz mohl dostat ven volně.

Míra úniku byla u různých druhů odlišná a odrážela se v ní jak velikost otvorů, tak i doba, po kterou byla past ponechána ve vodě. Míra úniku klešťanky (*Sigara lateralis*) byla ovlivněna oběma faktory poměrně výrazně. U pastí s průměrem otvorů 4 mm a plochými stěnami byl vliv délky expozice nižší a únikovost se pohybovala v rozmezí od 40 % do 50 %. Doba ponechání pastí ve vodě byla pro únik také podstatná a představovala velký význam u pastí s otvory 4 mm (s prohnutými stěnami), 8 mm a 13 mm. V těchto případech se zvýšila míra úniku o 6%, 14% a 6% dle předchozího pořadí. Jediná varianta pasti a čas jejího vystavení, u které byla zaznamenána míra úniku nižší než 20%, byla prokázána v případě použití otvorů s průměrem 4 mm (S) a čase 1 hodina (Obr. č. 7). Naopak nejvyšší hodnota míry úniku, přes 80%, byla zjištěna u pastí s 8mm otvory, ponechaných ve vodě po dobu alespoň 2 hodiny (Obr. č. 8, Obr. č. 9). Tato hodnota se zvyšovala při použití nádob s větším průměrem otvorů. Vliv různě velkých vstupních otvorů testovaných po dobu 1 hodiny byl výrazný ( $F_{4,37} = 62.68$ ;  $p < 10^{-15}$ ). Na jeho základě byly pasti rozlišeny do tří skupin, v závislosti na míře únikovosti (Tab. č. 4). Skupina pastí s nejnižší mírou úniku (A) byla zjištěna v případě použití 4mm otvorů a stěnami prohnutými dovnitř, za použití Tukeyho mnohonásobného porovnávání ( $p < 10^{-3}$ ). Skupina (B) se střední mírou úniku byla potvrzena u pastí s otvory 8 mm a 4 mm s plochými (neprohnutými) stěnami ( $p = 0,83$  v rámci skupiny a dle Tukeyho mnohonásobného porovnávání  $p < 10^{-3}$ ). Vysoká míra úniku byla prokázána u skupiny pastí s 13 mm a 18 mm velkými vstupními otvory ( $p = 0,92$  v rámci skupiny a dle Tukeyho mnohonásobného porovnávání  $p < 10^{-3}$ ).

Tabulka č. 3. Přehled vzorků použitých v experimentu zaměřeném na míru úniku pro druh klešťanka (*Sigara lateralis*).

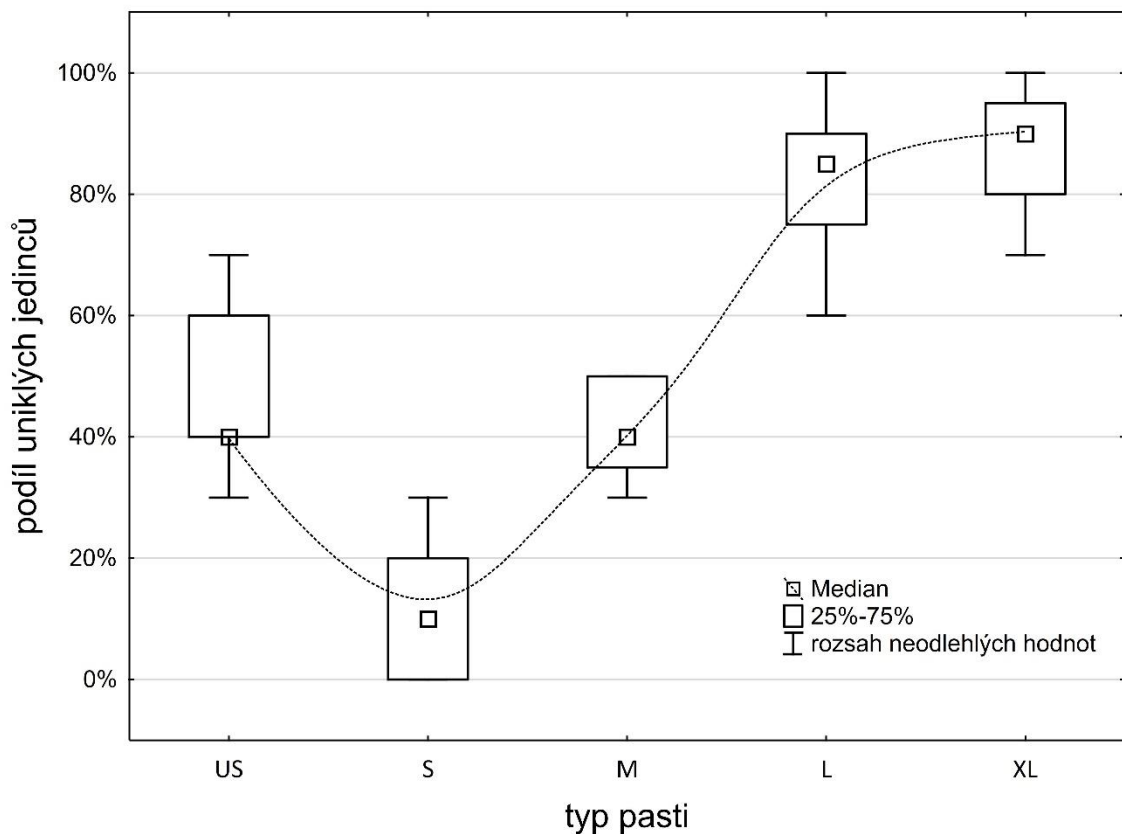
Průměr otvoru v mm	Doba expozice pasti v h	Počet jedinců v pasti	Počet opakování
4 s plochými stěnami	1	10	8
	2	10	12
	4	10	4
4 s prohnutými stěnami	1	10	10
	2	10-20	20
	4	10-20	20
8	1	10	8
	2	10	8
	4	10	8
13	1	10	8
	2	10	8
	4	10	8
18	1	10	8
	2	10	8
	4	10	8

Tabulka č. 4. Míra úniku v závislosti na době expozice pasti a různých průměrech vstupních otvorů pro druh klešťanka (*Sigara lateralis*).

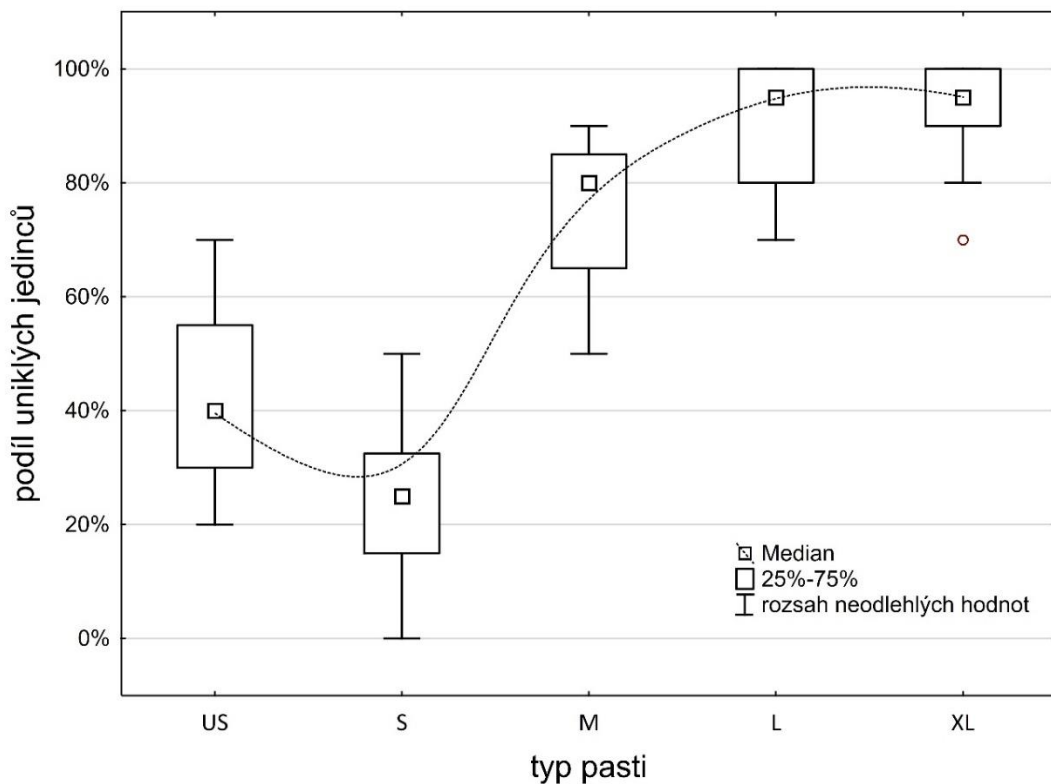
Průměr otvoru v mm	Vyrovnaní regrese	p	R <sup>2</sup>	průměrná míra úniku v % pro expozici 1 h	Průměrná míra úniku pro sdružené expoziční časy
4 s plochými stěnami (B)	$Y = 0,51 - 0,03 x$	0,29	0,05	57,5 (N = 8)	44,2 (N = 24)

4 s prohnutými stěnami (A)	$Y = 0,1 + 0,06 x$	0,01	0,14	11 (N = 10)	24,5 (N = 50)
8 (B)	$Y = 0,38 + 0,14 x$	$< 10^{-3}$	0,48	41,3 (N = 8)	65 (N = 24)
13 (C)	$Y = 0,78 + 0,06 x$	0,01	0,25	82,5 (N = 8)	89,6 (N = 24)
18 (C)	$Y = 0,85 + 0,03 x$	0,09	0,13	87,5 (N = 8)	91,7 (N = 24)

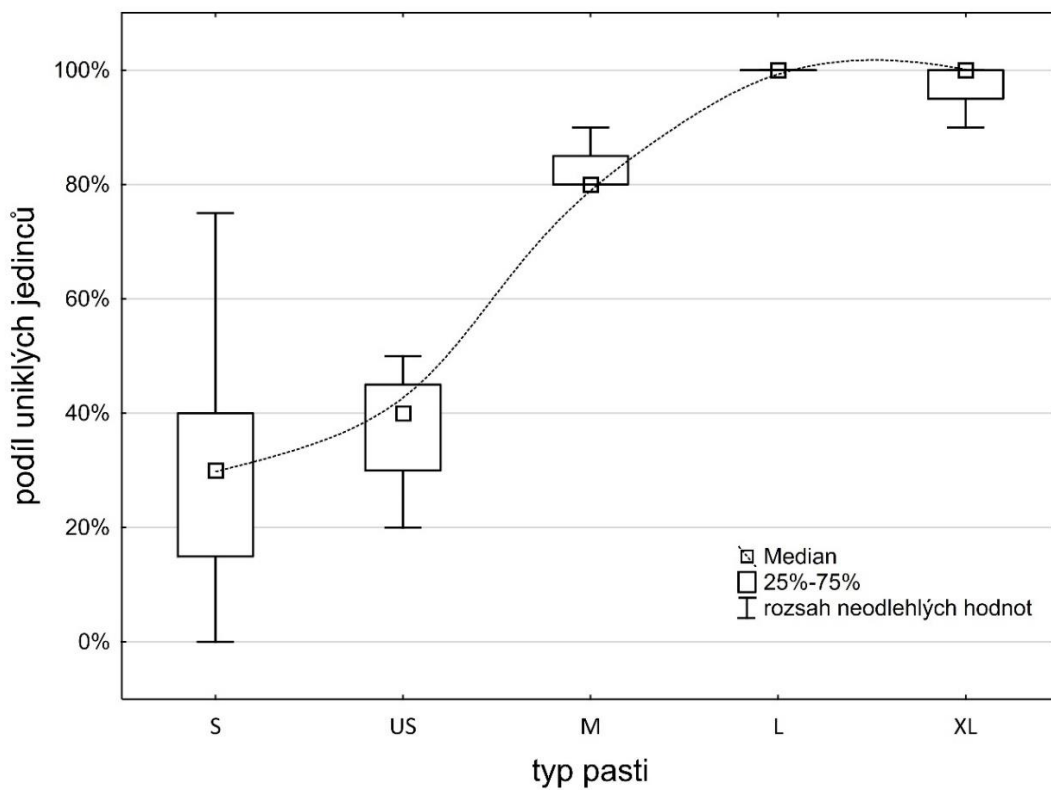
Pozn.: Písmena v levém sloupci odkazují na rozdělení otvorů (pastí) podle rozdílu v míře úniku, měřeného na základě Tukeyho post hoc analýzy průkaznosti ( $p = 0,05$ ) jen pro čas 1 hodina.



Obr. č. 7. Grafické znázornění míry úniku klešťanky (*Sigara lateralis*) za expoziční čas 1 hodina.



Obr. č. 8. Grafické znázornění míry úniku klešťanky (*Sigara lateralis*) za expoziční čas 2 hodiny.



Obr. č. 9. Grafické znázornění míry úniku klešťanky (*Sigara lateralis*) za expoziční čas 4 hodiny.



Jiných výsledků bylo dosaženo pokusy se znakoplavkami (*Notonecta glauca*), jejichž míra úniku nebyla výrazně ovlivněna dobou expozice pastí (Tab. č. 6). Únikovost se v tomto případě lišila v závislosti na průměru vstupních otvorů. Při použití 8mm otvorů byla pod 20%, s většími otvory 13 mm a 18 mm se zvýšila a ustálila mezi 20% a 40% (Obr. č. 10, Obr. č. 11, Obr. č. 12). Vliv velikosti vstupního otvoru byl testován pro čas 1 hodina ( $F_{2,21} = 4.64$ ;  $p = 0.02$ ) a pastí byly rozděleny do dvou skupin v závislosti na míře úniku. Nízká míra úniku u pastí (A) s otvory 8mm ( $p < 0.02$  dle Tukeyho mnohonásobného porovnávání) a u pastí (B) s otvory 13 mm a 18 mm byla míra úniku vysoká ( $p > 0,16$  v rámci skupiny a dle Tukeyho mnohonásobného porovnávání  $p < 0.02$ ).

Tabulka č. 5. Přehled vzorků použitých v experimentu zaměřeném na míru úniku pro druh znakoplavka (*Notonecta glauca*).

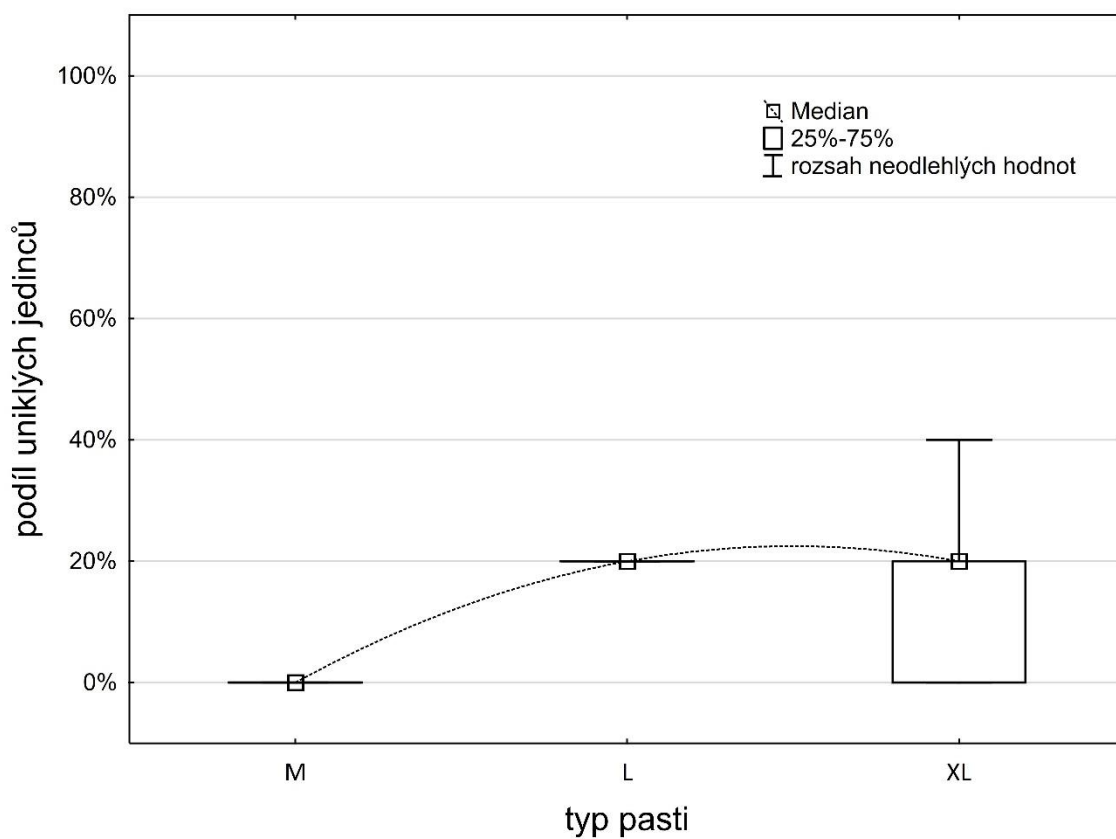
Průměr otvoru v mm	Doba expozice pastí v h	Počet jedinců v pastí	Počet opakování
8	1	5-8	8
	2	5-8	12
	4	5-8	8
13	1	5-8	8
	2	5-8	12
	4	5-8	8
18	1	5-8	8
	2	5-8	12
	4	5-8	8

Tabulka č. 6. Míra úniku v závislosti na době expozice pastí a různých průměrech vstupních otvorů pro druh znakoplavka (*Notonecta glauca*).

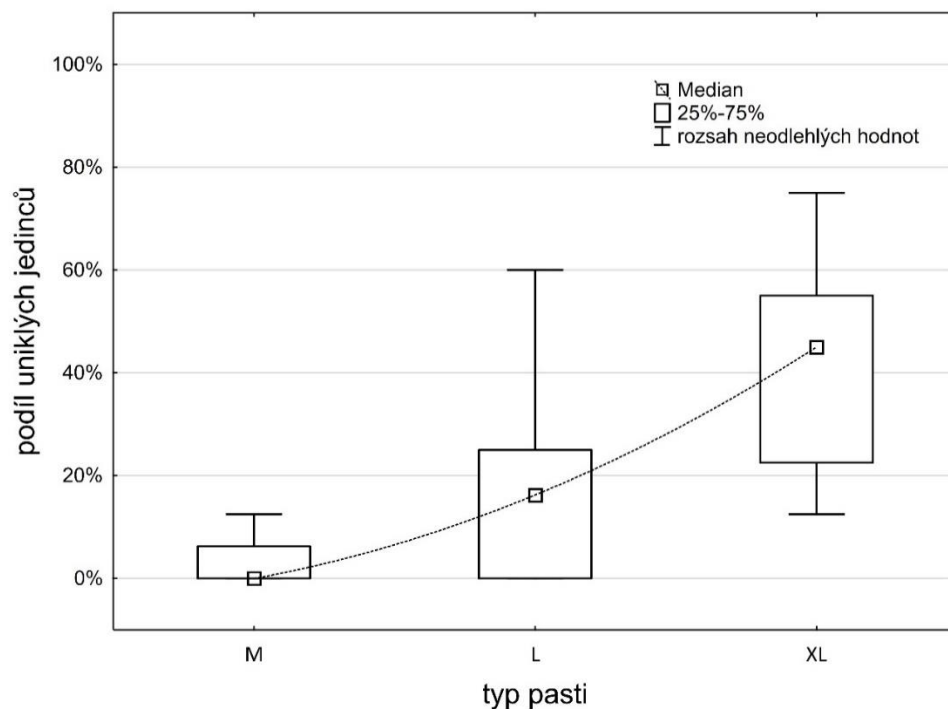
Průměr otvoru v mm	Vyrovnaní regrese	p	R <sup>2</sup>	průměrná míra úniku v % pro expozici 1 h	Průměrná míra úniku pro sdružené expoziční časy

8 (A)	$Y = 0,03 + 0,01 x$	0,6	0,01	2,5 (N = 8)	3,9 (N = 28)
13 (B)	$Y = 0,24 - 0,03 x$	0,24	0,05	22,5 (N = 8)	17,1 (N = 28)
18 (B)	$Y = 0,22 + 0,05 x$	0,22	0,06	15 (N = 8)	32,1 (N = 28)

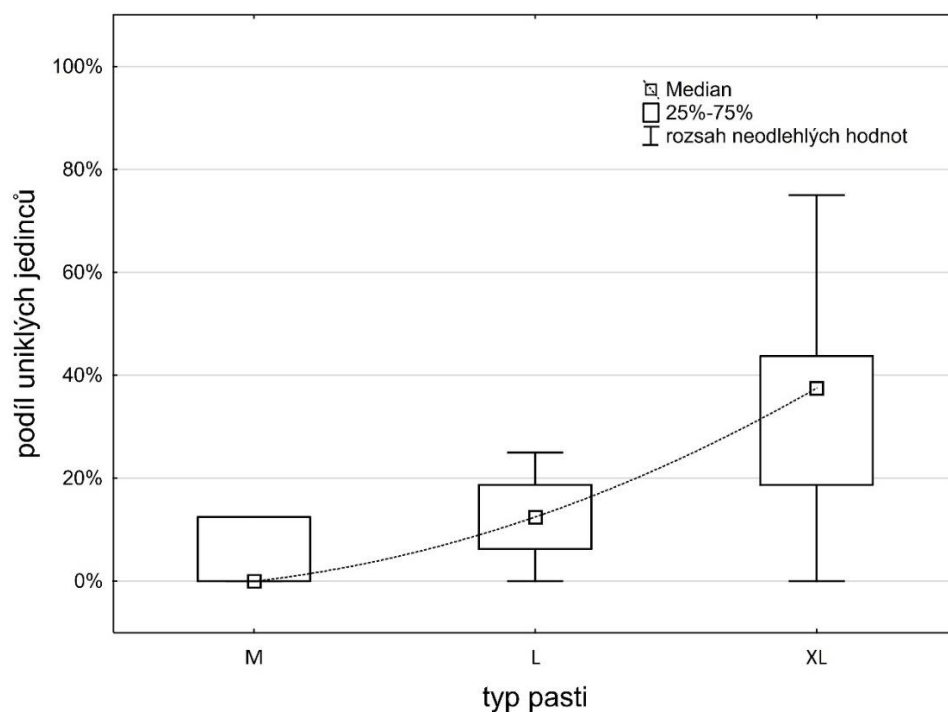
Pozn.: Písmena v levém sloupci odkazují na rozdělení otvorů (pastí) podle rozdílu v míře úniku, měřeného na základě Tukeyho post hoc analýzy průkaznosti ( $p = 0,05$ ) jen pro čas 1 hodina.



Obr. č. 10. Grafické znázornění míry úniku znakoplavky (*Notonecta glauca*) za expoziční čas 1 hodina,



Obr. č. 11. Grafické znázornění míry úniku znakoplavky (*Notonecta glauca*) za expoziční čas 2 hodiny.



Obr. č. 12. Grafické znázornění míry úniku znakoplavky (*Notonecta glauca*) za expoziční čas 4 hodiny.

V případě pokusů s koretrami (*Chaoborus sp.*) byly výsledky odlišné. Stálá nízká míra úniku pod 20% byla pozorována u pastí s otvory průměru 4 mm, přičemž nerozhodovalo prohnutí stěn. Za použití větších otvorů se zvýšila míra úniku na 60% až 90% a lišila se zásadně při expozici pastí po dobu 1 hodiny (Obr. č. 13), v případě 2 hodinové expozice byla ustáleně vysoká (Obr. č. 14). Průkazný vliv doby položení pastí na míru úniku byl významný v případě použití pastí s otvory 13 mm a 18 mm (tab. č. 8). Velikost vstupních otvorů měla vliv na míru úniku, testované pouze po dobu 1 hodiny ( $F_{4,37} = 15.14$ ;  $p < 10^{-6}$ ). Pasti byly i v tomto případě rozděleny dle míry úniku na skupinu (A) s nízkým stupněm únikovosti při použití nádob s plochými i prohnutými stěnami o průměru 4 mm ( $p = 0,99$  v rámci skupiny a dle Tukeyho mnohonásobného porovnávání  $p < 10^{-2}$ ) a skupinu (B) představovaly pasti s vysokou mírou únikovosti v případě pastí s otvory 8 mm, 13 mm a 18 mm ( $p > 0.68$  v rámci skupiny a dle Tukeyho mnohonásobného porovnávání  $p < 10^{-2}$ ).

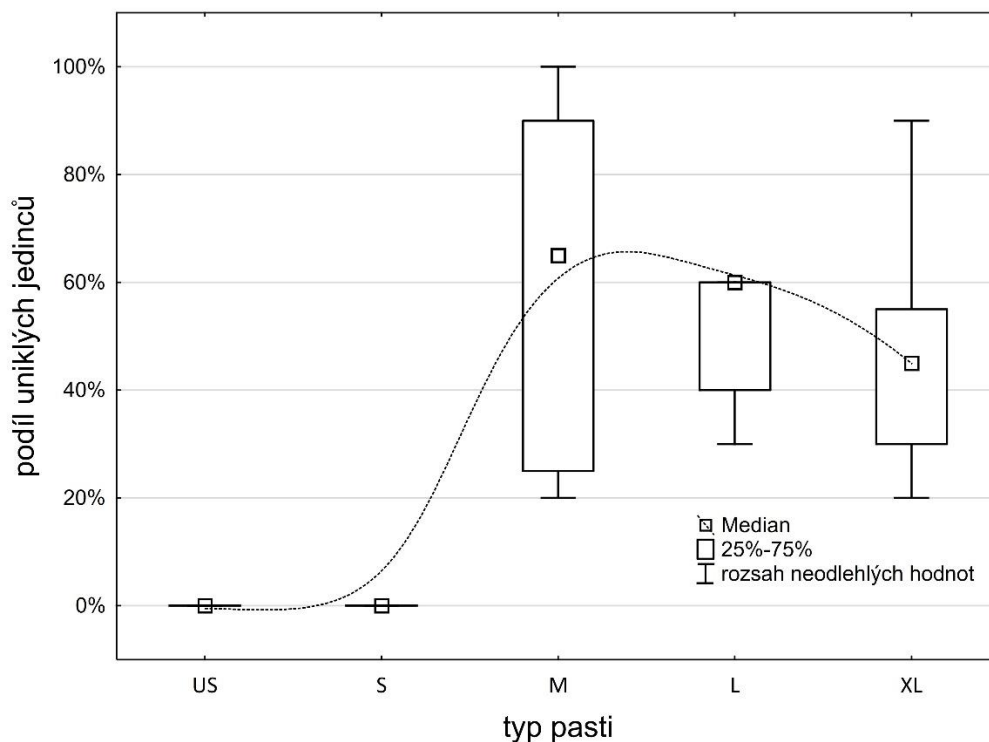
Tabulka č. 7. Přehled vzorků použitých v experimentu zaměřeném na míru úniku pro druh koretra (*Chaoborus sp.*).

Průměr otvoru v mm	Doba expozice pastí v h	Počet jedinců v pastí	Počet opakování
4 s plochými stěnami	1	10	8
	2	10	4
4 s prohnutými stěnami	1	10	10
	2	10	20
	4	10	10
8	1	10	8
	2	10	4
13	1	10	8
	2	10	4
18	1	10	8
	2	10	4

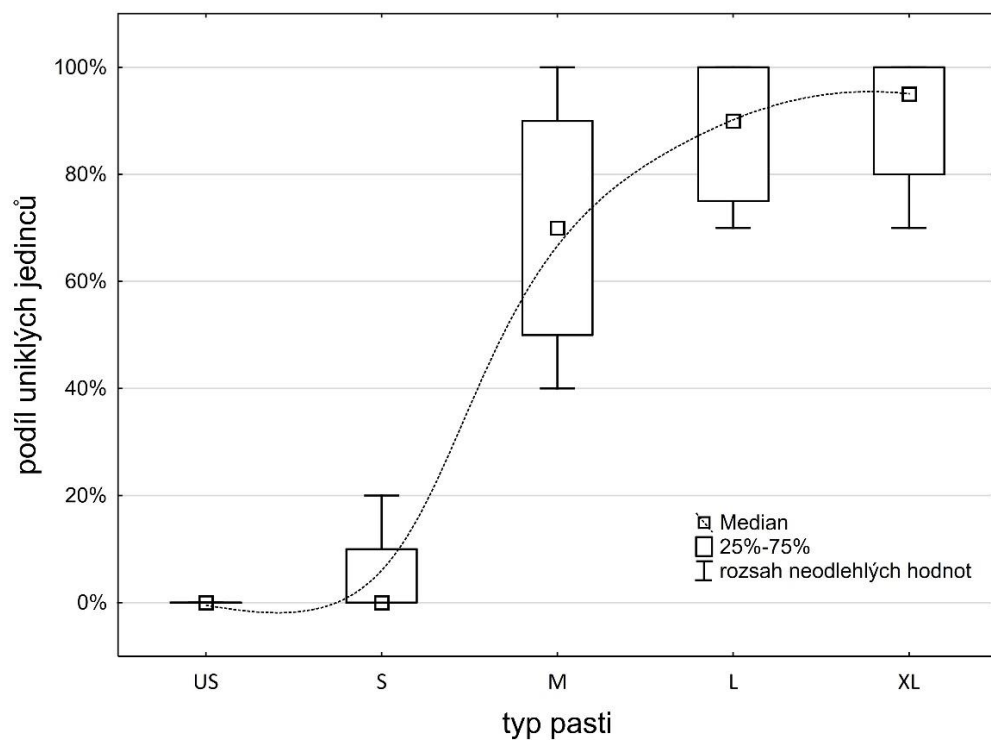
Tabulka č. 8. Míra úniku v závislosti na době expozice pasti a různých průměrech vstupních otvorů pro druh koretra (*Chaoborus sp.*).

Průměr otvoru v mm	Vyrovnaní regrese	p	R <sup>2</sup>	průměrná míra úniku v % pro expozici 1 h	Průměrná míra úniku pro sdužené expoziční časy
4 s plochými stěnami (A)	$Y = 0,03 - 0,01 x$	0,51	0,05	1,3 (N = 8)	0,8 (N = 12)
4 s prohnutými stěnami (A)	$Y = 0,01 + 0,02 x$	0,09	0,07	3 (N = 10)	3,6 (N = 40)
8 (B)	$Y = 0,5 + 0,1 x$	0,61	0,03	60 (N = 8)	63,3 (N = 12)
13 (B)	$Y = 0,15 + 0,36 x$	0,03	0,39	51,3 (N = 8)	63,3 (N = 12)
18 (B)	$Y = 0,03 + 0,44 x$	0,01	0,56	46,3 (N = 8)	60,8 (N = 12)

Pozn.: Písmena v levém sloupci odkazují na rozdělení otvorů (pastí) podle rozdílu v míře úniku, měřeného na základě Tukeyho post hoc analýzy průkaznosti ( $p = 0,05$ ) jen pro čas 1 hodina.



Obr. č. 13. Grafické znázornění míry úniku koretry (*Chaoborus sp.*) za expoziční čas 1 hodina.



Obr. č. 14. Grafické znázornění míry úniku koretry (*Chaoborus sp.*) za expoziční čas 2 hodiny.

U tohoto modelového organismu se 4 hodinová expozice neprováděla, protože po čase delším než 2 hodiny došlo k úniku všech jedinců. Tento trend je patrný již u 2 hodinové expozice, kdy byla míra úniku až 90%, viz obr. 14.

## 5. Diskuse

Z výsledků získaných experimenty je zřejmé, že vodní světelné pasti jsou vysoce účinné při odchytu vodních ploštic. Jak znakoplavek, tak i klešťanek. Podporou pro toto tvrzení mohou být výsledky z jiných studií (např. Washino a Hokama 1968 nebo Aiken 1979), ve kterých se úspěšnost potvrdila u dalších čeledí vodních ploštic (*Pleidae*, *Belostomatidae*). Při odchytu dvoukřídlého hmyzu, koretry (*Chaoborus sp.*) se však ukázaly efektivní méně. Příčinou může být jejich menší pohyblivost, která je omezena převážně na vertikální pohyb ve vodním sloupci, přičemž většinu času tráví nehybně u vodní hladiny (Wright a O'Brien 1982).

Aktivita živočichů byla jedním z důležitých faktorů při sledování míry únikovosti z pastí v denní době. Rozdíly v pohyblivosti vedly u různých druhů k různým úrovním úniku. U vysoce pohyblivých klešťanek byl znatelný i vliv designu pasti. Při použití sběrných nádob s průměrem otvorů 4 mm a rovnými stěnami opouštěli jedinci pasti téměř okamžitě, a snadno. Ovšem v případě použití nádob o stejném průměru otvorů, ale se stěnami prohnutými dovnitř, bylo unikání ztížené, množství uniklých jedinců se snížilo a zůstávali většinou uvnitř pastí. Naproti tomu u koreter, jejichž pohyblivost je ve srovnání s klešťankami značně omezena, nebyla zjištěna souvislost mezi mírou úniku a použitím rovných nebo prohnutých stěn.

Na základě zjištěných výsledků lze stanovit, že velikost vstupních otvorů u vodních pastí je pro jejich efektivitu určujícím faktorem. Pokud jsou použity pasti s malými otvory, dojde k zamezení vstupu větších druhů. Při použití větších otvorů je zase umožněn snazší únik dříve zachycených jedinců. Možným řešením ve snížení úniku skrze větší otvory by mohlo být jejich zakrytí pomocí víček, jako u krabicových pastí na brouky (*Coleoptera*), které ve svých experimentech použili Inoda a Ladion (2016). Jejich plovoucí pasti byly vybaveny nálevkovitými otvory zakrytými síťkovanými víčky, která se otevřela jen při vstupu živočichů do pasti. Toto opatření ovšem nedokáže zabránit možnosti, aby i jiné (dravé) organismy (např. ryby, či nymfy vážek) pronikly do pasti a zkonsumovaly ostatní zachycené živočichy (Ditrich a Čihák 2017), což by mohlo snížit efektivitu pastí (Hilsenhoff a Tracy, 1985, Dennett a Meisch 2001). Unikání živočichů z pastí je možné zamezit jejich usmrcením při odchytu. Tento způsob praktikovali např. Washino a Hokama (1968), kteří pro usmrcení zachycených organismů použili chloroform,

Hilsenhoff a Tracy (1985) vkládali odchycený materiál do 70% etanolu s 3 % glycerinu nebo Dinh (2012), která uchovávala organismy v 95% etanolu.

Míra úniku klešťanek (*Sigara lateralis*), která se zvyšovala v závislosti na prodlužujícím se čase expozice pastí, je zásadní poznatek. Klešťanky (*Corixidae*) jsou živočichové, kteří se hojně vyskytují ve většině oblastí světa a v našich vodách patří k nejpočetnějším (Čeloudová 2009). Je proto jasné, že se ve světelných pastech zachycují nejčastěji.

Hodnoty získané odchytem by měly být korigovány v závislosti na době, po kterou budou pastí setrávat ve vodě v denní době (Ditrich a kol., 2017). To se týká výzkumů, při kterých je na různých místech souběžně použito větší množství pastí a jejich vylovení není možné provést ve stejný čas. Některé předchozí výzkumy mohly být ovlivněny touto skutečností. Např. Williams a kol. (1996) instalovali pasti odpoledne a jejich vylovení probíhalo až v dopoledních hodinách následující den. Mohla by tím být vysvětlena celkově nižší účinnost pastí, kterou ve výzkumu uvedl Dinh (2012), která nechala pastí ve vodě po dobu několika dní.

Experimenty byly prováděny v malých vodních tělesech, což mohlo mít vliv na získané výsledky. Bylo by vhodné provést podobný výzkum na větších vodních plochách, kde by se mohl projevit vliv prostředí na efektivitu podvodních pastí. Např. Washino a Hokama (1968) zmiňují hustotu vodní vegetace. Dalším faktorem, který by mohl ovlivnit efektivitu podvodní světelné pastí je např. vliv měsíce ve vztahu k jasné či zatažené obloze (Ditrich a Čihák., 2017). Tyto možné vlivy by měly být u případných následujících studií zohledněny.

Další výzkumy by mohly upřesnit závěry, vyplývající z tohoto pokusu. Měl by být každopádně zohledněn vliv (pokud nastane) různé doby vylovení pastí. Design experimentu by se měl odrážet od cílové skupiny živočichů, které by měly být uzpůsobeny i pastí samotné. V budoucnu by bylo přínosné použít v experimentech širší spektrum živočichů, jako další larvy dvoukřídlého hmyzu (*Diptera*), larvy planktonních korýšů (Crustacea: Cyclopidae, Daphniidae) a především zástupci dospělců i larev vodních brouků (Coleoptera: Ditiscidae, Haliplidae, Hydrophylidae).



## 6. Závěr

Na základě získaných výsledků z experimentů lze přenést zjištěné poznatky do praktického použití vodních světelných pastí.

Velikost vstupních otvorů a konstrukce pastí by měla být zvolena vhodně dle cílové skupiny organizmů a stěny by měly být pro většinu živočichů (aktivněji se pohybujících) prohnuté dovnitř. Pro odchyt méně aktivních živočichů (*Chaoborus sp.*) mohou být použity pastí s rovnými stěnami.

Je potřeba brát v úvahu, že v případě použití otvorů většího průměru než 8 mm může při ponechání ve dne, po dobu delší než 1 hodinu, dojít k uniknutí více než 80% odlovených klešťanek (*Sigara sp.*). Je tedy lepší použít více pastí s odlišnou velikostí otvorů a metody odchytu kombinovat. Docílí se tím odlovení většího spektra druhů živočichů.

Po nočním odchytu by se měla minimalizovat doba expozice pastí ve vodě v denní fázi a pastí by měly být vyloveny co nejdříve. Pokud bude k odchytu použito velké množství světelných pastí a nebude možné je všechny vylovit ve stejný čas, tak by mělo dojít ke zkorigování výsledků dle doby, po kterou byly pastí ponechány na denním světle.

## 7. Seznam literatury

Ahmadi, 2012. An Introduction of Light Traps for Sampling Freshwater Shrimp and Fish in the Barito River, South Kalimantan. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 7(2): 173–182.

Ahmadi, Rizani, A. 2012. Catch Efficiency of Low-Powered Incandescent Light and LED Light Traps Fishing in Barito River of Indonesia. *Journal of Fisheries and Environment* 36(3): 1-15.

Aiken R. B., 1979: A Size Selective Underwater Light Trap. *Hydrobiologia*, 65, 65-68.

Apperson, C.S., and Yows, D.G. (1976), 'A Light Trap for Collecting Aquatic Organisms', *Mosquito News*, 36, 205–206.

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.

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.

Bohdalová, M., 2018: Selektivita odchytu vodního hmyzu světelnou pastí. Bakalářská práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 45 s.

Bonada N., Prat N., Resh V. H. & Statzner B. (2006): Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. – *Annual Review of Entomology* 51: 495–523.

Carlson D., 1971: A Method for Sampling Larval and Emerging 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.

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, České Budějovice, 68 s.

Černá L., 2009: Srovnání výsledků užití vybraných metod odchyty při studiu taxocenu vodních ploštic (Heteroptera: Nepomorpha). Diplomová práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita, České Budějovice, 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.

Dennett J. A., Meisch M. V., 2001: An aquatic light trap designed for live capture of predátory *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, WI.' Student research project report, Texas A&M University, Dept. of Entomology.

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. 2. 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 an 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.
- Henrikson, L. and 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.
- Hungerford H., P.J. Spangler, and N.A. Walker. 1955. Subaquatic light traps for insects and other animal organisms. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 58(3):387–407
- Husbands R. C., 1967: A subsurface light trap for sampling aquatic insect populations. *Vector Views*, 14, 81-82.
- Inoda, T., and Ladion, T.M.A. (2016), ‘New Box Trap for Large Predaceous Diving Beetles *Cybister* Curtis, 1827 and *Dytiscus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Dytiscidae)’, *Aquatic Insects*, 37, 259–265.
- Jones D. (2006). Design, construction and use of a new light trap for sampling larval coral reef fishes. 544.
- Kammar, V & Rani, A. & K P, Kumar & Chakravarthy, Akshay. (2020). Light Trap: A Dynamic Tool for Data Analysis, Documenting, and Monitoring Insect Populations and Diversity. 10.1007/978-981-15-0794-6\_8.
- 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.
- Kolář V. (2015): Vliv struktury biotopu na společenstva vodních brouků v jižních Čechách. – Ms., 76 p. Diplomová práce, depon. in: Akademická knihovna JU, České Budějovice.

Kolář V., Hadačová V., Franta P., Hesoun P., 2018. Vodní brouci a ploštice vybraných maloplošných zvláště chráněných území jižních Čech II; Water beetles and bugs of selected reserve areas in South Bohemia II. 58. 79-94.

Lecaillon G. a Lourie S. (2007). Current status of marine post-larval collection: Existing tools, initial results, market opportunities and prospects. SPC Live Reef Fish Information Bulletin. 17.

Lepil O., Kupka Z., Jirsa M.: Fyzika pro gymnázia: Optika. Prometheus, 2010, 206 s.

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.

Meekan, M.G., Wilson, S.G., Halford, A., & Retzel, A. (2001). A comparison of catches of fishes and invertebrates by two light trap designs, in tropical NW Australia. *Marine Biology*, 139, 373-381.

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.
- 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. P. 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.
- Pieczynski E., 1962: Notes on the use of light traps for water mites (Hydracarina). *Série des Sciences Biologiques*, 10, 421-424.
- Radwell A. J., Camp N. B., 2009: Comparing Chemiluminescent and LED Light for Trapping Water Mites and Aquatic Insects. *Southeastern Naturalist* 8(4):733-738.
- SEDLÁK, Edmund. Zoologie bezobratlých. 2. přepracované vydání. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 2002. 337 s. ISBN 80-210-2892-0.
- Schilling, E.G., Loftin, C.S., and Huryn, A.D. (2009), 'Macroinvertebrates as Indicators 367 of Fish Absence in Naturally Fishless Lakes', *Freshwater Biology*, 54, 181–202.
- SPANGLER, P. J. 1981. A durable, lightweight net and a manual aspirator for collecting aquatic organisms. *Pan-Pacific Entomologist* 57: 245-250.
- Sublette, J. E., Dendy J. S., 1959: Plastic materials for simplified tent and funnel traps. *S.W. Natur*, 3, 220-223.
- TAYLOR, J.S. & J.E. MCPHERSON (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(3-4): 223-230.
- Washino, R.K., and Hokama, Y., 1968, 'Quantitative Sampling of Aquatic Insects in a Shallow-Water Habitat', *Annals of the Entomological Society of America*, 61, 785–786.

- Weber R. G., 1987: An Underwater Light Trap for Collecting Bottom-Dwelling Aquatic Insects. *Entomological News*, 98, 246-252.
- Williams, R. N. Fickle D. S, R.J.Bartelt, and P. F.Dowd 1993 Responses by adult Nitidulidae (Coleoptera) to synthetic aggregation pheromones, a coattractant and effects of trap design and placement. *European J. Entomol.* 90: 287-294.
- Williams, R.N., Ellis, M.S., and Fickle, D.S. (1996), 'Insects in the Killbuck Marsh Wildlife Area, Ohio: 1994 Survey', *Ohio Journal of Science* 96(3), 34–40.
- 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.
- 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 oraganisms. *Isr. J. Zool.*, 18, 343-348.